

Как это работает. Говоря простым
языком, речь идет о паре,
электричестве, свете, тепле, звуке,
гидравлике, оптике и т.д., а также об
их применении к устройствам общего
пользования

Арчибальд Уильямс

How it Works

Archibald Williams



Электронная книга проекта "Гутенберг" о том, как это работает

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Как это работает

Автор: Арчибальд Уильямс

Дата выхода: 10 апреля 2009 г. [Электронная книга № 28553]

Последнее обновление: 4 января 2021 г.

Язык: Английский

Титры: Продюсерами выступили Стивен Гиббс, Грег Бергквист и команда онлайн-редакторов, распространяющих корректуру по адресу <https://www.pgdp.net>

*** ЗАПУСК ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА" "КАК ЭТО РАБОТАЕТ" ***

Примечание переписчика

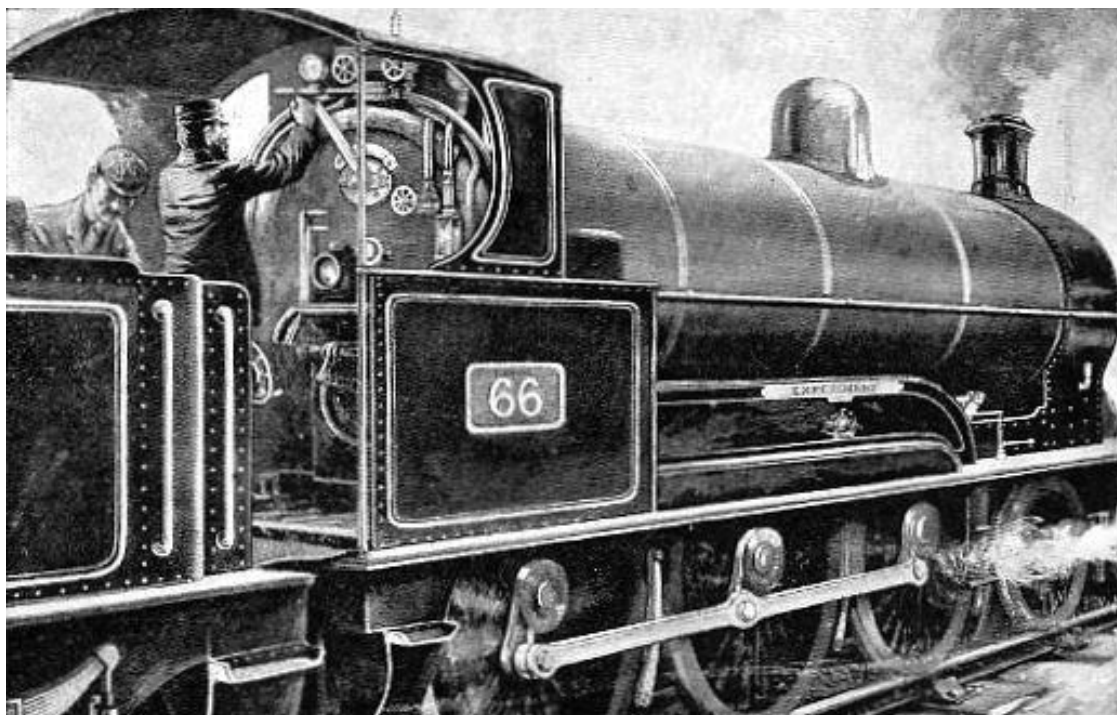
Пунктуация и орфография оригинального текста точно сохранены. Исправлены только очевидные типографские ошибки.

КАК ЭТО РАБОТАЕТ

ПРИМЕЧАНИЕ АВТОРА.

Я хотел бы поблагодарить следующих джентльменов и фирмы за помощь, которую они оказали мне в связи с печатью и иллюстрациями "Как это работает" —

Господа Ф.Дж.К. Поул и М.Г. Твиди (для пересмотра рукописи); У. Лайнхэм; Дж.Ф. Кендалл; Э. Эдсер; А. Д. Хелпс; Дж. Лимб; The Edison Bell Phonograph Co.; господа. Холмс и компания; Компания Pelton Wheel; господа. Бэбкок и Уилкоккс; господа. Сибе, Горман и Компания; господа. Негретти и Замбра; Господа Чабб; Компания Yale Lock Co.; Компания Micrometer Engineering Co.; Господа Маршалл и сыновья; Компания Maignen Filter Co.; господа Бродвуд и Компания.



НА ПОДНОЖКЕ ЛОКОМОТИВА.

Как это работает

Речь простым языком о паре, электричестве, Свете, тепле, звуке, гидравлике, оптике и т.д. И об их применении к аппаратуре общего пользования

АРЧИБАЛЬДОМ УИЛЬЯМСОМ,

автором книг "Романтика современных изобретений", "Романтика горного дела" и т.д., и т.п.

ТОМАС НЕЛЬСОН И СЫНОВЬЯ

Лондон, Эдинбург, Дублин и Нью-Йорк

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Как это работает? Этот вопрос мне так часто задавали люди от мала до велика, что я, наконец, решил ответить на него таким образом, чтобы гораздо более широкая публика, чем та, с которой я знаком лично, смогла убедиться в принципах, лежащих в основе многих механизмов, с которыми я сталкиваюсь в повседневной жизни.

Чтобы охватить пар, электричество, оптику, гидравлику, термику, свет и множество отдельных механизмов, которые нельзя отнести ни к одному из этих разделов, в объеме около 450 страниц, я должен довольствоваться сравнительно кратким изложением каждого предмета. Эта краткость, в свою очередь, вынудила меня иметь дело с принципами, а не с подробными описаниями отдельных устройств, хотя в нескольких случаях рассматриваются признанные типы. Читатель напрасно будет искать рассказы о телескопе Йеркса, о новейшем изобретении в области автомобилей и о самом большом локомотиве. Но это поможет ему понять сущность всех телескопов, двигателей и паровых машин в той мере, в какой они разработаны в настоящее время, что, я думаю, может принести большую конечную пользу непосвященным.

Стараясь не озадачивать читателя использованием загадочных фразеологизмов, я считаю, что частям машины следует по возможности давать их технические названия. Чтобы предотвратить неправильное представление, на многих диаграммах, сопровождающих печатный текст, написаны не только буквы, но и слова. Этот курс также избавляет от утомительных переходов от текста к диаграмме, необходимых при использовании отдельных букв или цифр.

Что касается диаграмм в этой книге, я могу добавить, что они намеренно несколько нетрадиционны, не выдержаны в масштабе и не соответствуют канонам профессионального рисования. Там, где это целесообразно, часть машины была увеличена, чтобы показать ее детали. Как правило, на чертежах в разрезе сплошному черному цвету отдается предпочтение, а все ненужные линии опускаются. Здесь я хотел бы выразить свою признательность моему рисовальщику мистеру Фрэнку Ходжсону за его заботу и усердие при подготовке двухсот или более диаграмм, за которые он отвечал.

Четыре органа тела — глаз, ухо, гортань и сердце — расположены в соответствующих местах. Глаз сравнивается с фотоаппаратом, гортань - с тростниковой трубкой, сердце - с насосом, а ухо достойно открывает главу об акустике. Читатель, не знакомый с физиологией, таким образом, сможет лучше оценить эти удивительные устройства, гораздо более удивительные по причине их абсолютно автоматического действия, чем любое творение человеческих рук.

А.В.

Аплэндс, Сток-Поджес, Бакс.

Содержание.

Глава I. ПАРОВАЯ МАШИНА.

Что такое пар?—Механическая энергия

пара—Котел—Циркуляция воды в котле—
Закрытая топка—Многотрубчатый котел—
Жаротрубные котлы—Другие типы котлов—
Вспомогательные устройства для сжигания
топлива—Арматура котла—
Предохранительный клапан—Водомер-
Паромер—Подача воды в котел

Глава II.-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ.

Поршневые двигатели—Двухцилиндровые
двигатели—Функция маховика—Цилиндр—
Золотниковый клапан—Эксцентрик—"Круг"
клапана: расширение пара—Как отключение
регулируется—Ограничение рабочей
мощности—Составные двигатели—
Расположение расширительных двигателей—
Составные локомотивы—Реверсивные
передачи—"Сцепление"—Поршень-
клапаны—Регуляторы частоты вращения—
Судовые регуляторы частоты вращения—
Конденсатор

44

Глава III.—ПАРОВАЯ ТУРБИНА.

Принцип работы турбины—Турбина Де
Лавалья—Турбина Парсонса—Описание
турбины Парсонса—Расширяющее действие
пара в турбине Парсонса—Балансировка
тяги—Преимущества судовой турбины

74

Глава IV.—ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.

Значение термина—Действие двигателя
внутреннего сгорания—Мотор автомобиля—
Пусковая рукоятка—Двигатель-
Карбюратор—Воспламенение заряда—
Продвижение искры—Управление
двигателем—Сцепление—Коробка
передач—Компенсирующий механизм—
Глушитель—Тормоза—Скорость автомобилей

87

Глава V.—ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО.

Что такое электричество?—Формы
электричества—Магнетизм—Постоянный
магнит—Силовые линии—Электромагниты-
Электрический звонок—Катушка
индуктивности—Конденсатор—
Преобразование тока—Использование
катушки индуктивности

112

Глава VI.—ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЕЛЕГРАФ.

Игольчатые приборы—Влияние тока на магнитную стрелку—Метод обращения тока—Зондирующие приборы—Телеграфные реле—Регистрирующие телеграфы—Высокоскоростная телеграфия	127
Глава VII.-БЕСПРОВОЛОЧНЫЙ ТЕЛЕГРАФ.	
Передающее устройство—Принимающее устройство—Синтоническая передача—Развитие беспроводного телеграфа	137
Глава VIII.—ТЕЛЕФОН.	
Телефон Bell—Передатчик Эдисона—Передатчик с гранулированным углеродом—Общее устройство телефонной сети—Двухлинейные сети-Телефонные станции—Телефония на подводных лодках	147
Глава IX.—ДИНАМО—МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.	
Простая динамо-машина—Динамо постоянного тока-Многополюсная динамо-машина-Возбуждение магнитного поля-Динамо-машина переменного тока-Передача энергии-Электродвигатель-Электрическое освещение-Лампа накаливания-Дуговые лампы-"Последовательное" и "параллельное" расположение ламп-Ток для электрических ламп-Гальваническое покрытие	159
Глава X.-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТОРМОЗА.	
Вакуумный автоматический тормоз — Воздушный тормоз Westinghouse	187
Глава XI.-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.	
Блокирующая система—Расположение сигналов—Блокировка сигналов—Блокировка передач—Точки—Точки и сигналы в сочетании—Работа блокирующей системы—Серия операций сигнализации—Однострочные сигналы—Персонал поезда—Персонал поезда и билеты—Система персонала электропоезда—Блокировка—Операции сигнализации—Силовая сигнализация—Пневматическая сигнализация—Автоматическая сигнализация	200
Глава XII.—ОПТИКА.	
Линзы—Изображение, создаваемое	230

выпуклой линзой—Фокус—Относительное положение объекта и линзы—
Цветокоррекция линз—Сферическая аберрация—Искажение изображения—
Человеческий глаз—Использование очков—
Слепое пятно

Глава XIII.—МИКРОСКОП, ТЕЛЕСКОП И ВОЛШЕБНЫЙ ФОНАРЬ.

Простой микроскоп—Использование простого микроскопа в телескопе—
Наземный телескоп—Телескоп Галилея—
Призматический телескоп—Телескоп—
рефлектор—Параболическое зеркало—
Составной микроскоп-Волшебный фонарь—
Биоскоп—Плоское зеркало

253

Глава XIV.—ЗВУК И МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

Природа звука—Слуховые аппараты—
Музыкальные инструменты—Вибрация струн—Дека и каркас пианино-Струны—
Ударный механизм—Качество ноты

270

Глава XV.—ДУХОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

Продольная вибрация—Воздушные колонны—Резонанс воздушных колонн—
Длина и тон—Открытая труба—Обертоны открытой трубы—Где используются обертоны—Расположение труб и педалей—
Отдельные деки-Разновидности упоров—
Настройка труб и язычков—Сильфон—
Электрические и пневматические действия—
Самый большой орган в мире—
Человеческие язычки

287

Глава XVI.—ГОВОРЯЩИЕ МАШИНЫ.

Фонограф—Магнитофон—Репродуктор—
Граммофон—Изготовление пластинок—
Цилиндрические пластинки—Граммофонные пластинки

310

Глава XVII.—ПОЧЕМУ ДУЕТ ВЕТЕР.

Почему дует ветер—Сухопутные и морские бризы—Легкий воздух и влага—Барометр—
Столбчатый барометр—Колесный барометр—Очень простой барометр—
Анероидный барометр—Барометры и погода—Водолазный колокол-Водолазное платье—Воздушные насосы-Пневматические шины—Пневматический пистолет-
Самозакрывающаяся дверь—

322

Ограничитель—Воздействие ветра на наклонные поверхности-Воздушный шар—Летательный аппарат

Глава XVIII.-ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ.

Сифон—Ковшовый насос—Нагнетательный насос-Самый замечательный насос—Кровеносные каналы—Течение крови—Гидравлический пресс—Бытовая водопроводная арматура—Шаровой кран-Счетчик воды—Системы водоснабжения-Бытовой фильтр—Газоуловители-Водяные двигатели—Сливоотделитель- "гидро"

350

Глава XIX.—ОТОПЛЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.

Подача горячей воды-Система резервуаров—Система баллонов—Принцип работы лампы—Газ и газовые работы—Автоматическое розжигание—Газовый регулятор—Газовый счетчик—Газовое освещение с лампами накаливания

386

Глава XX.—РАЗЛИЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ.

Наручные часы:—Краткая история часовых механизмов;—Конструкция часовых механизмов;—Приводная сила;—Спусковой механизм;—Компенсирующие маятники;—пружинный баланс;—Цилиндрический спусковой механизм;—Рычажный спусковой механизм;—Компенсирующие балансиры;- Колесики;—Механизм заводки часов без ключа;—Механизм часовой стрелки. Замки: —Замок Чабба—Замок Йеля. Цикл:— Включение цикла—Свободный ход — Переключение скоростей. Сельскохозяйственные машины:— Молотилки—Косилки. Некоторые природные явления:—Почему солнечное тепло различается по интенсивности-Приливы и отливы—Почему приливы меняются ежедневно

410

КАК ЭТО РАБОТАЕТ.

Глава I.

ПАРОВАЯ МАШИНА.

Что такое steam?—Механическая энергия пара—Котел—Циркуляция воды в котле—Закрытая топка—Многотрубчатый котел—Жаротрубные котлы—Другие типы котлов—Вспомогательные средства для сжигания—Арматура котла—Предохранительный клапан—Водомер—Паромер—Подача воды в котел.

ЧТО ТАКОЕ STEAM?

Если лед нагреть выше 32 ° по Фаренгейту, его молекулы теряют свою связность и свободно перемещаются друг вокруг друга - лед превращается в воду. Нагрейте воду выше 212 ° по Фаренгейту, и молекулы начнут сильно отталкиваться друг от друга и, подобно дремлющим пчелам, разбуженным весенним солнцем, разделятся и заметутся туда-сюда. Если поместить молекулы в герметичный сосуд, их полет ограничивается, и они все яростнее бьются о стенки своей тюрьмы, так что каждый квадратный дюйм сосуда подвергается растущему давлению. Мы можем сравнить действие молекул пара с действием пуль, выпущенных из пулемета по пластине, установленной на пружине. Чем быстрее летели пули, тем сильнее было непрерывное сжатие пружины.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ПАРА.

Если пар подается в один конец цилиндра позади герметичного, но свободно движущегося поршня, он будет бомбардировать стенки цилиндра и поршень; и если объединенный толчок молекул с одной стороны последнего больше, чем сопротивление с другой стороны, противодействующее его движению, поршень должен двигаться. Получив, таким образом, частичную свободу, молекулы становятся менее активными и не мечутся так энергично. Давление на поршень уменьшается по мере его движения. Но если бы поршень был возвращен в исходное положение под действием силы пара, молекулярная активность, то есть давление, была бы восстановлена. Здесь мы предполагаем, что тепло не проходило через цилиндр или поршень и не излучалось в воздух; ибо любая потеря тепла означает потерю энергии, поскольку тепло *есть* энергия.

КОТЕЛ.

Сгорание топлива в печи приводит к тому, что стенки печи становятся *горячими*, что означает, что молекулы вещества, образующего стенки, приходят в сильное возбуждение. Если стенки являются так называемыми "хорошими проводниками" тепла, они будут передавать возбуждение через них любому окружающему веществу. В случае с обычной домашней печью это воздух, который сам по себе перемешивается или нагревается. Стенки топки парового котла окружены водой, и его функция заключается в передаче молекулярного движения (тепла или энергии) через пластины топки воде до тех пор, пока не будет достигнута точка, при которой образуется пар. При атмосферном давлении — то есть, если его никак не ограничивать, — пар заполнял бы в 1610 раз больше пространства, которое его молекулы занимали при образовании воды. Если мы закупорим котел так, чтобы молекулы пара не могли выйти наружу, их движение становится все более и более быстрым, и за счет их ударов о стенки котла создается *давление*. Теоретически нет предела, до которого может быть повышено давление, при условии, что испаряющейся воде передается достаточное количество энергии сгорания топлива.

Для получения пара в больших количествах мы должны использовать топливо, которое выделяет большое количество тепла пропорционально своему весу, легко добывается и

дешево. Уголь удовлетворяет всем этим условиям. Из 800 миллионов тонн, добываемых ежегодно во всем мире, 400 миллионов тонн сжигаются в топках паровых котлов.

Хороший котел должен быть: (1) достаточно прочным, чтобы выдерживать гораздо более высокие давления, чем то, при котором он работает; (2) сконструирован таким образом, чтобы сжигать топливо с наибольшей пользой.

Даже в котлах с наилучшей конструкцией большая часть тепла от сгорания проходит через дымоход, в то время как еще часть выделяется из котла. Профессор Джон Перри^[1] считает, что количество этих отходов при наилучших условиях, доступных в настоящее время, составляет одиннадцать двенадцатых от общего объема. Нам приходится сжигать уголь стоимостью в шиллинг, чтобы использовать энергию, запасенную в пенни. И все же паровая машина наших дней в три-четыре раза эффективнее, чем двигатель пятидесятилетней давности. Это связано с радикальными усовершенствованиями конструкции котлов и оборудования, преобразующего тепловую энергию пара в механическое движение.

ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОДЫ В БОЙЛЕРЕ.

Если вы поставите кастрюлю, наполненную водой, на открытый огонь и будете наблюдать за тем, как она закипает, вы заметите, что вода вздымается по бокам и опускается в центре. Это связано с тем, что вода сильнее всего нагревается по бокам и, следовательно, там она самая легкая. Поднимающиеся пузырьки пара также уносят ее вверх. Достигнув поверхности, пузырьки лопаются, пар выходит наружу, и вода теряет часть своего тепла и снова устремляется вниз, чтобы занять место поднимающейся воды, насыщенной паром.

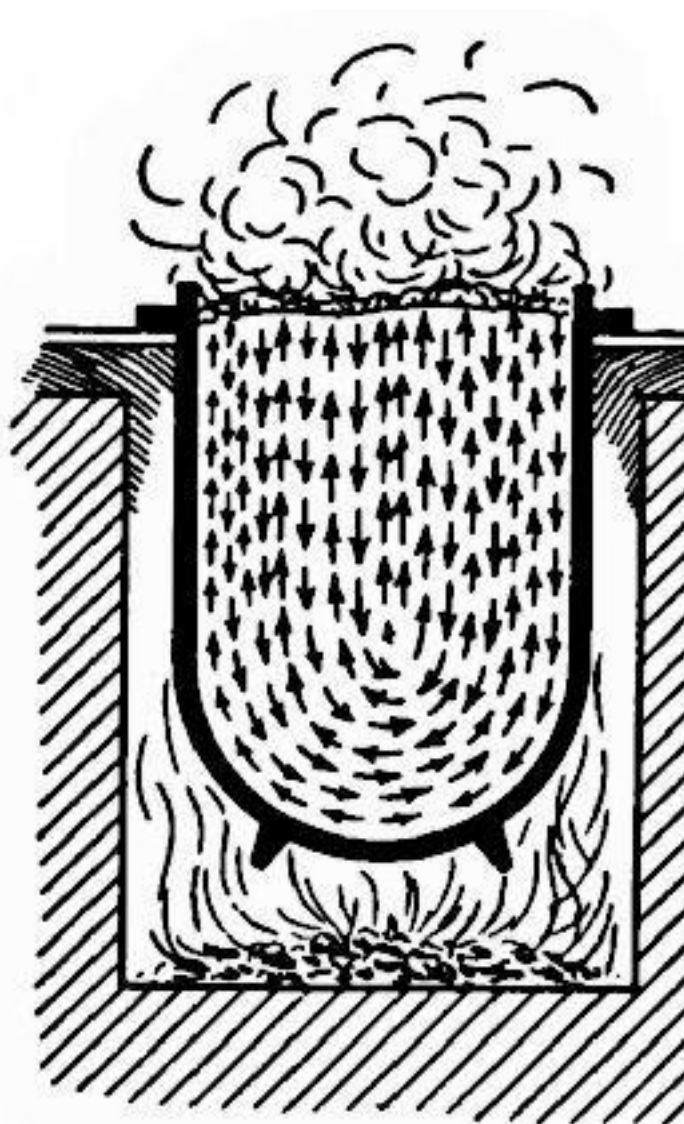


Рис. 1.

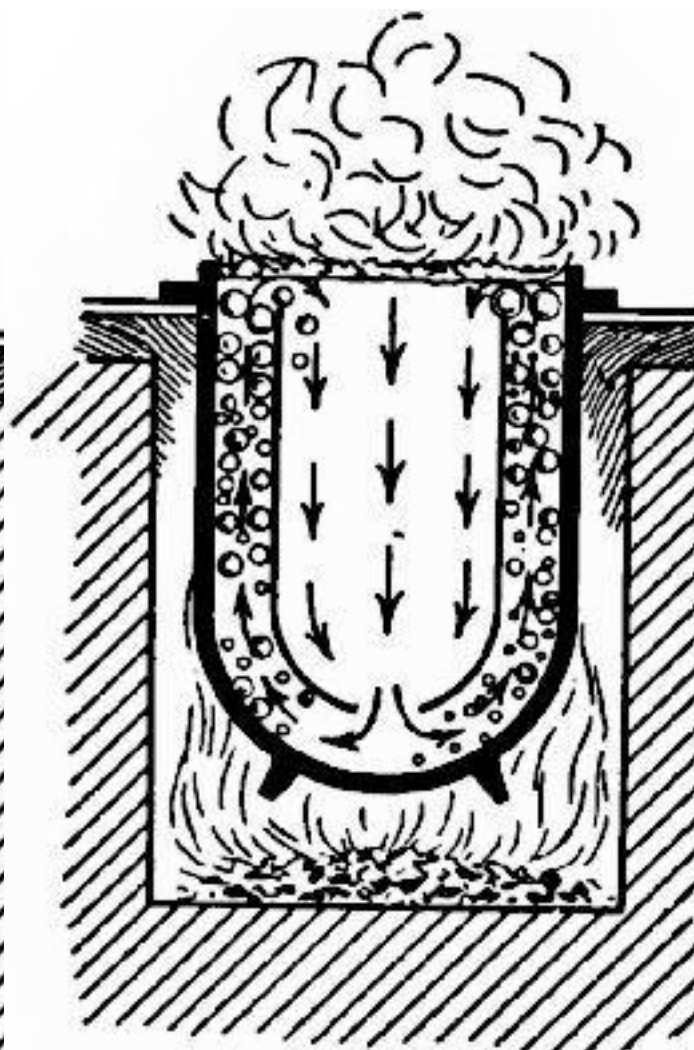


Рис. 2.

Если огонь очень сильный, пузырьки пара могут подниматься со всех сторон дна и препятствовать нисходящему потоку (рис. 1). В этом случае кастрюля "закипит".

На рис. 2 показан способ предотвращения этой проблемы. Мы опускаем в наш горшок сосуд несколько меньшего диаметра с отверстием в дне, расположенный таким образом, чтобы оставить пространство между ним и горшком по всей окружности. Затем восходящие потоки полностью отделяются от нисходящих, и огонь может быть развит в гораздо большей степени, чем раньше, без перекипания воды. Это очень простое устройство является основой многих устройств для обеспечения свободной циркуляции воды в паровых котлах.

Мы можем легко проследить за процессом разработки. На рис. 3 мы видим простую U-образную трубку, зависящую от сосуда с водой. К левой ноге прикладывается тепло, и сразу же начинается устойчивое кровообращение. Чтобы увеличить поверхность нагрева, мы можем вытянуть нагреваемую ножку в длинную наклонную форму (рис. 4), под которой размещены три лампы вместо одной. Направление циркуляции остается прежним, но ее скорость увеличивается.

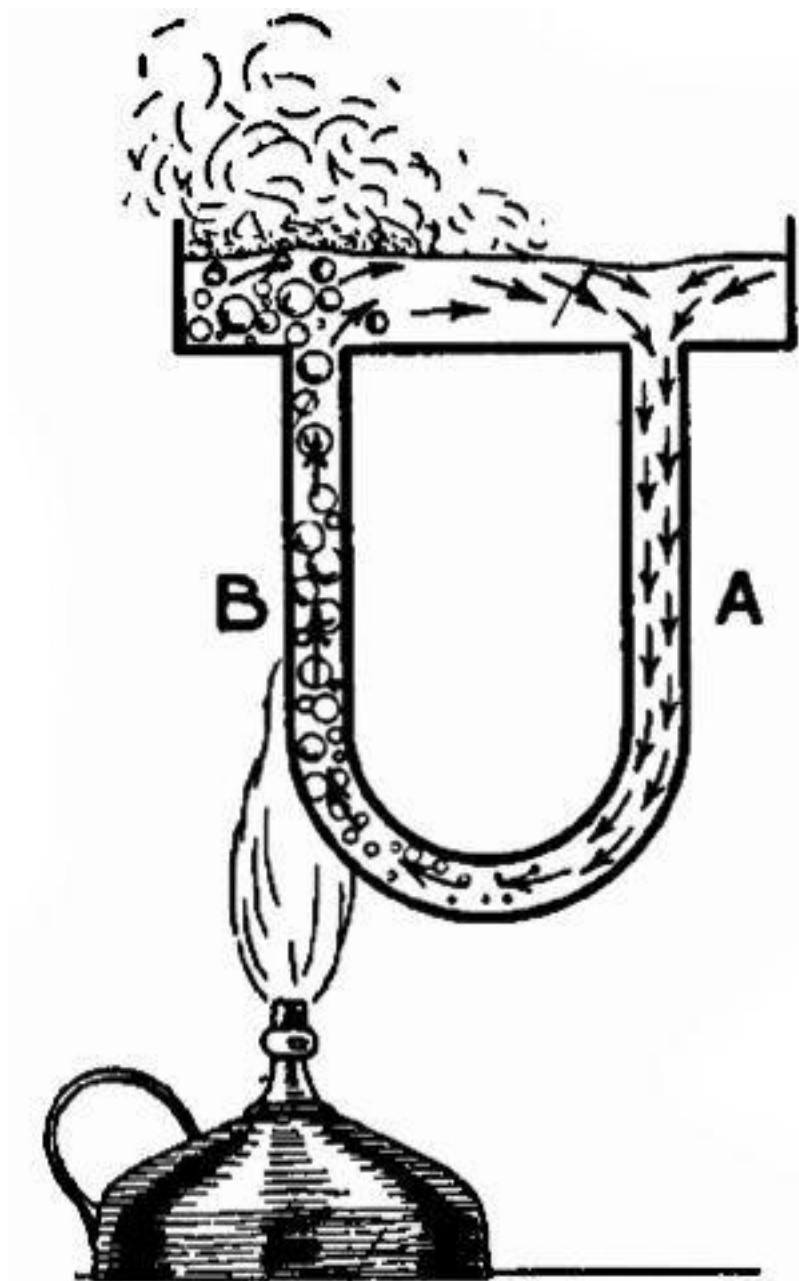


Рис. 3.

Дальнейшее улучшение достигается за счет увеличения количества трубок (рис. 5), при этом все они расположены под наклоном, чтобы нагретая вода и пар могли свободно подниматься.

ЗАКРЫТАЯ ПЕЧЬ.

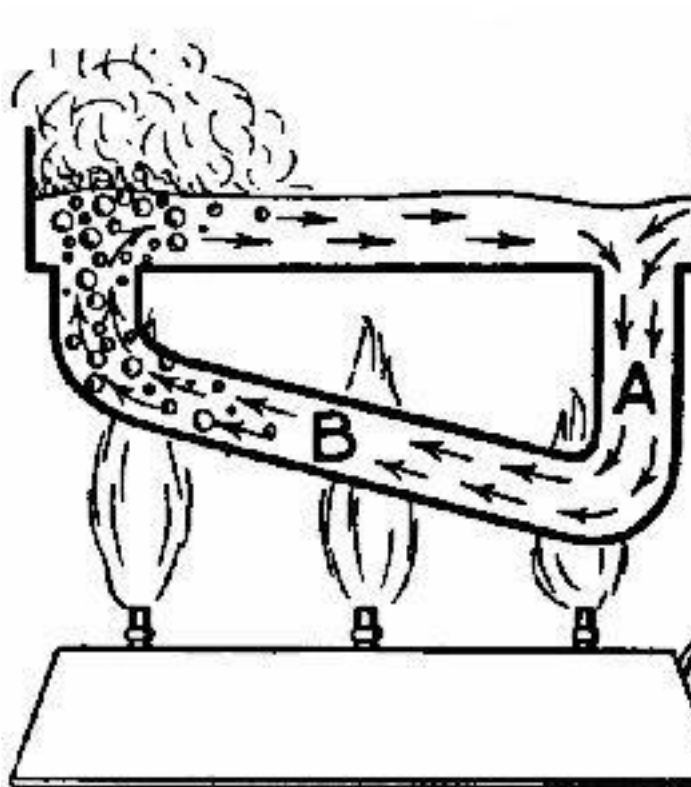


Рис. 4.

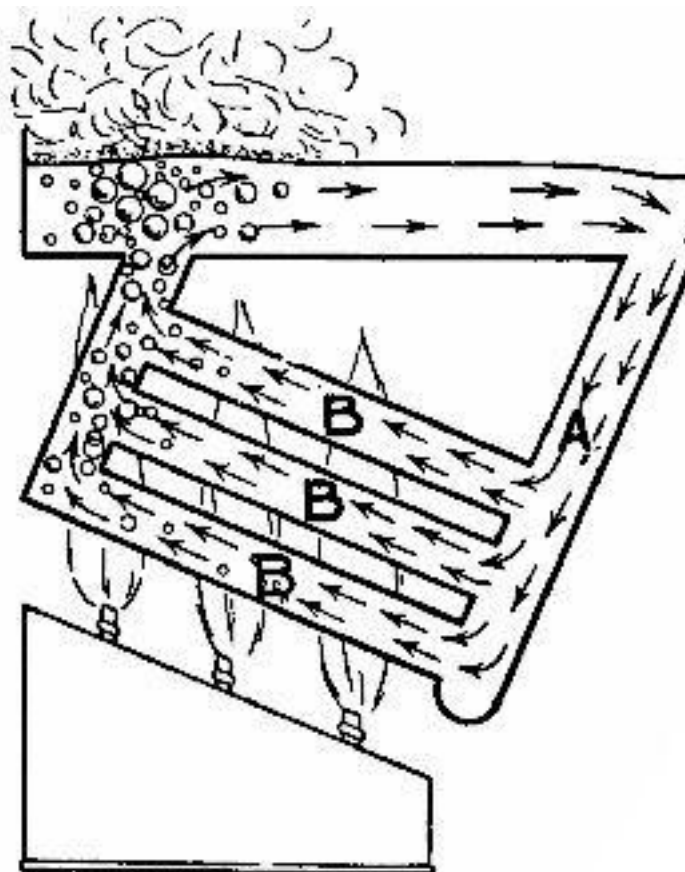


Рис. 5.

Тем не менее, большая часть тепла отводится. В паровом котле горящее топливо закрыто либо огнеупорным кирпичом, либо "водяной рубашкой", образующей часть котла. Водяная рубашка означает двойное покрытие металлических пластин с промежутком между ними, заполненным водой (см. рис. 6). Огонь теперь почти такой же закрытый, как в кухонной плите. Но наш котел не должен так расточительно расходовать тепло, как этот полезный бытовой прибор. На пути к воронке пламя и горячие газы должны воздействовать на очень большую металлическую или иную поверхность, соприкасающуюся с водой в котле, чтобы отдать должную долю своего тепла.

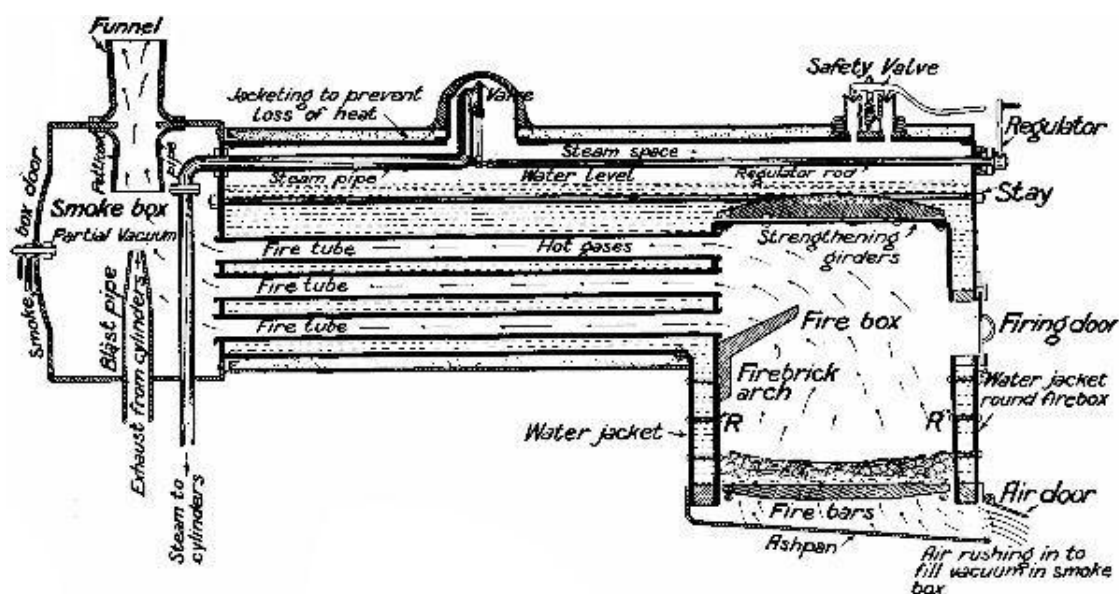


Рис.

6.Схематический рисунок котла локомотивного типа. Вода обозначена пунктирными линиями. Стрелки показывают направление, в котором движется воздух и горячие газы от вентиляционного люка к воронке.

МНОГОТРУБЧАТЫЙ КОТЕЛ.

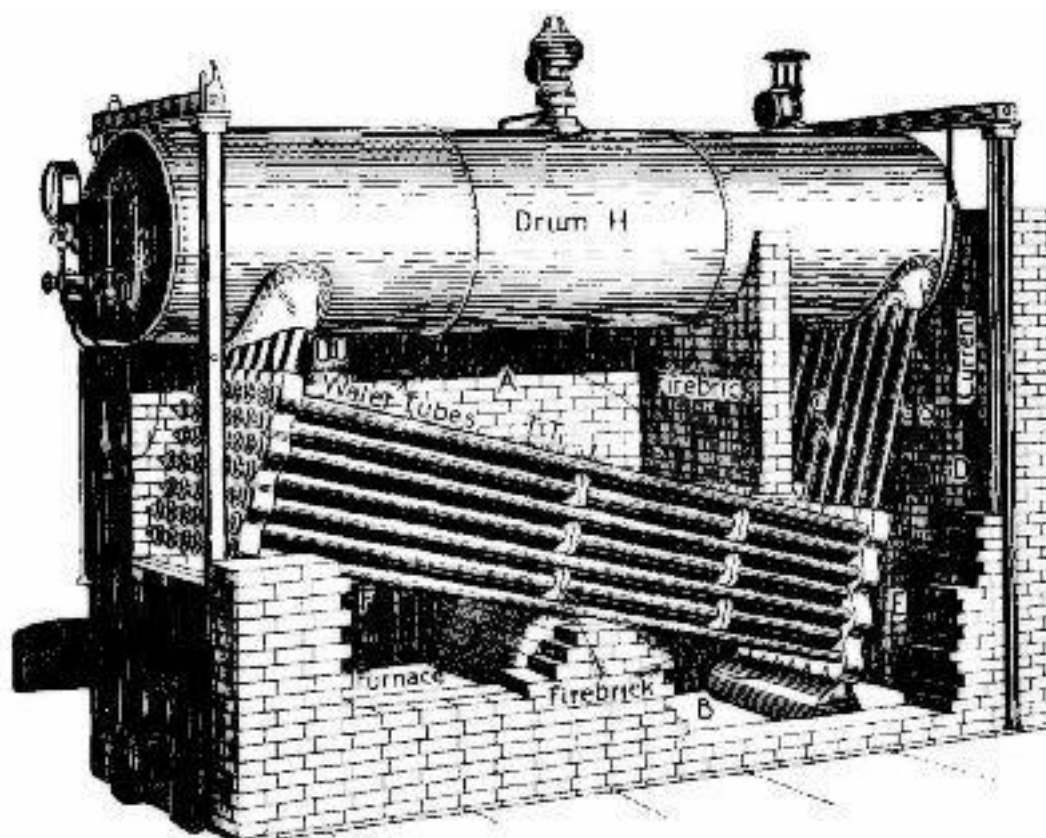


Рис. 7.

Водотрубный котел Babcock and Wilcox. Одна сторона кирпичной опоры была удалена, чтобы показать расположение водяных труб и печи.

Чтобы сэкономить место, котлы, которые должны вырабатывать пар очень быстро и при высоком давлении, в основном состоят из труб. Такие котлы мы называем многотрубчатыми. Они бывают двух видов — (1) *Водотрубные* котлы; в которых вода циркулирует по трубам,

подверженным воздействию тепла печи. Типичным представителем этой разновидности является котел Бэбкока и Уилкокса (рис. 7). (2) *Жаротрубные* котлы; в которых горячие газы проходят по трубам, окруженным водой. Обычный локомотивный котел (рис. 6) иллюстрирует эту форму.

Котел Babcock and Wilcox широко используется в шахтах, на электростанциях и, в модифицированном виде, на борту судов. Он состоит из двух основных частей — (1) барабана H, в верхней части которого собирается пар; (2) группы труб, расположенных по принципу, проиллюстрированному на рис. 5. Котел установлен на прямоугольной раме из огнеупорного кирпича. На одном конце находится дверца топки, на другом - выход в дымоход. Из печи F пламя и горячие газы поднимаются вокруг верхнего конца наклонных труб TT в пространство A, где они воздействуют на нижнюю поверхность H, прежде чем снова опуститься вниз между трубами в пространство B. Здесь температура ниже. Стрелки указывают дальнейший путь вверх, в пространство C справа от отделения для огнеупорного кирпича, и мимо нижних труб SS в D, откуда горячие газы выходят в дымоход через отверстие E. Следует заметить, что наибольшее тепло отводится на TT вблизи их соединения с UU, "восходящими" трубками; и что каждый последующий проход труб подводит постепенно остывающие газы ближе к "нисходящим" трубкам SS.

Трубы TT легко чистятся щеткой после удаления пробок из "коллекторов", в которые расширяются концы труб.

Другими хорошо известными водотрубными котлами являются Yarrow, Belleville, Stirling и Thorneycroft, все они используются для привода судовых двигателей.

ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ.

На рис. 6 показан котел локомотива в разрезе. Справа расположена топка, окруженная со всех сторон водяной рубашкой, непосредственно сообщаемой со стволом котла. Внутренняя оболочка топки часто изготавливается из меди, которая лучше выдерживает сильный жар, чем сталь; внешняя, как и остальная часть котла, изготовлена из стальных пластин толщиной от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ дюйма. Оболочки кожуха скреплены между собой большим количеством заклепок, RR; а верхняя часть, или венец, укреплен тяжелыми продольными балками, приклепанными к нему, или прикреплен к верхней части котла длинными болтами. Большое количество жаровых труб (для простоты на схеме показаны только три) тянутся от топки к коптильне. Самые мощные "гигантские" американские локомотивы имеют 350 или более труб, которые вместе с топкой дают 4 000 квадратных футов поверхности для воздействия тепла печи. Эти трубы с помощью специального инструмента расширяются на концах до трубчатых пластин топки и передней части котла. Джордж Стивенсон и его предшественники испытывали большие трудности с обеспечением водонепроницаемости соединений концов труб, но изобретение "расширителя" устранило эту проблему.

The Арка из огнеупорного кирпича, показанная (рис. 6) в топке, используется для отклонения пламени к задней стенке топки, чтобы несколько замедлить выделение горячих газов и сделать их сгорание более совершенным. Это также помогает более равномерно распределить тепло по всей внутренней поверхности коробки и предотвращает попадание холодного воздуха непосредственно из топочной дверцы в трубки. В некоторых американских и континентальных локомотивах арка из огнеупорного кирпича заменена "водяным мостом", который служит той же цели, но при этом обеспечивает дополнительную поверхность нагрева.

Циркуляция воды в паровозном котле осуществляется следующим образом: вверх по торцу топки, где тепло наиболее интенсивно; вперед по поверхности; вниз по торцу коптильной камеры; назад по дну бочки.

ДРУГИЕ ТИПЫ КОТЛОВ.

Для небольших стационарных наземных двигателей широко используется *вертикальный* котел. На рис. 8 у нас есть три формы этого типа — А и В с поперечными водяными трубами; С с вертикальными пожарными трубами. Печь в любом случае окружена водой и подается через дверцу с одной стороны.

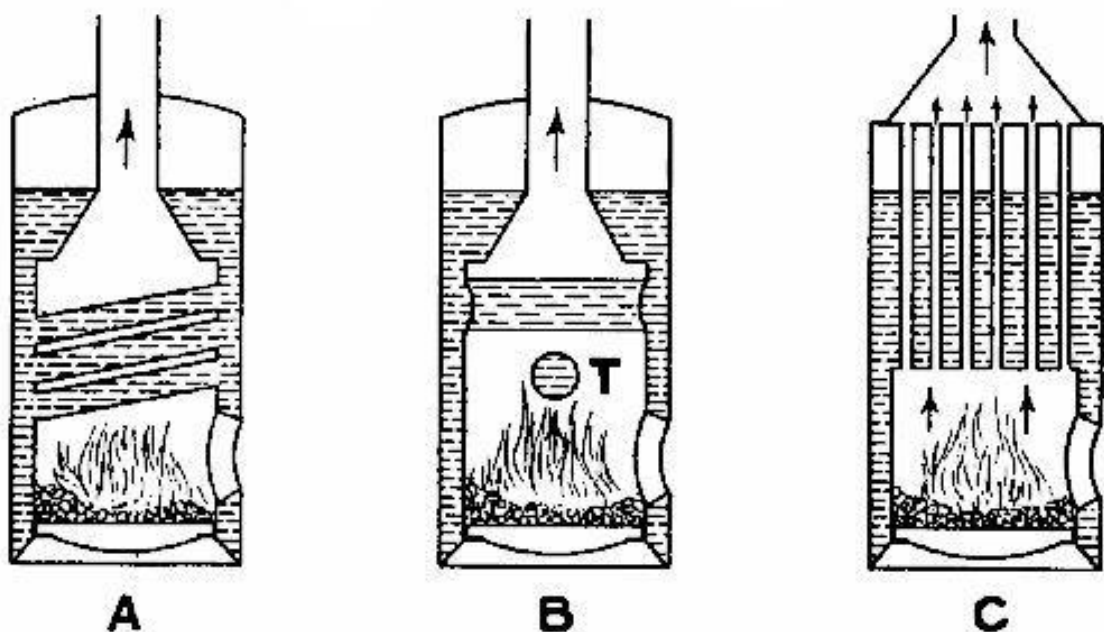


Рис.

8.Схематическое изображение трех типов вертикальных котлов.

Котел *Lancashire* имеет большие размеры. Он имеет цилиндрическую оболочку размером до 30 футов в длину и 7 футов в диаметре, пересекаемую из конца в конец двумя большими дымоходами, в задней части которых расположены печи. Котел установлен на подставке из огнеупорных кирпичей, собранных таким образом, что образуются три дымохода, А и ВВ, показанные в поперечном сечении на рис. 9. Печные газы, после выхода из двух дымоходов печи, отклоняются вниз в канал А, по которому они проходят под котлом до точки почти под топкой, где они разделяются справа и слева и проходят через поперечные проходы в боковые каналы ВВ, которые направляются вдоль боковых стенок котла к выходу из дымохода С. Благодаря такому расположению эффективная поверхность нагрева значительно увеличивается; а поскольку каналы большие, естественной тяги обычно достаточно для поддержания надлежащего горения. Котел *Lancashire* широко используется на заводах и (в модифицированном виде) на судах, поскольку он устойчив к работе на пару и его легко содержать в порядке.

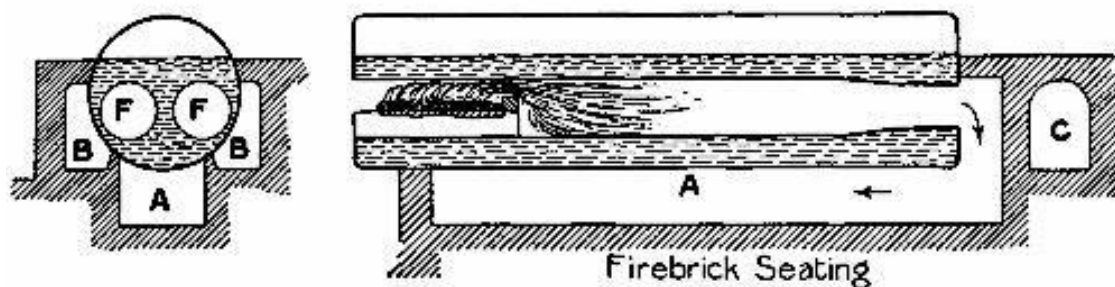


Рис.

9. Поперечный и продольный сечения ланкаширского котла.

В судовых котлах цилиндрической формы часто используются поперечные водяные и жаропрочные трубы для увеличения поверхности нагрева. Обратные трубы также подводятся через воду к воронкам, расположенным на том же конце, что и печь.

СПОСОБСТВУЕТ ГОРЕНИЮ.

Теперь мы можем обратить наше внимание более конкретно на химический процесс, называемый *горением*, от которого зависит выработка тепла в котле. Обычный энергетический уголь содержит около 85% углерода - 7% кислорода - 4% водорода, помимо следов азота и серы и небольшого негорючего остатка. При сгорании угля выделяется азот, который улетучивается, не соединяясь ни с каким другим элементом. Сера соединяется с водородом и образует сероводород (также называемый сернистой кислотой), который вреден для стальных пластин и в значительной степени ответственен за разрушение труб и воронок. Большее количество водорода соединяется с кислородом в виде пара.

Наиболее важным элементом в угле является углерод (химически известный под обозначением C). Его соединение с кислородом, называемое сгоранием, является процессом, который нагревает котел. Только когда присутствующий углерод соединится с максимально возможным количеством кислорода, которое он примет в качестве партнера, сгорание завершится и будет достигнута полная теплотворная способность (установленная научным экспериментом на уровне 14 500 тепловых единиц на фунт углерода).

Теперь углерод может соединяться с кислородом, атом за атомом, и образовывать *монооксид углерода* (CO); или в пропорции один атом углерода к двум *кислороду*, и образовывать *диоксид углерода* (CO_2 ...). Первый газ является горючим, то есть допускает к молекуле еще один атом углерода, но второй насыщен кислородом и не горит, или, иными словами, является продуктом *идеального* сгорания. Правильно спроектированная печь, в которую подается необходимое количество воздуха, приведет к тому, что почти весь углерод в сгоревшем угле соединится с полным количеством кислорода. С другой стороны, если подача кислорода неэффективна, будет образовываться CO, а также, и будут происходить тепловые потери, равные в крайних случаях двум третям от общего объема. Поэтому необходимо, чтобы в печь, которая должна расходовать топливо с большой скоростью, искусственно подавался воздух в пропорции от 12 до 20 *фунтов* воздуха на каждый фунт топлива. Существует два метода создания сильной тяги в печи. Первый —

The *Принудительная тяга*; очень простой пример - обычные мехи, используемые в каждом доме. На судне (рис. 10) принцип разработан следующим образом: —Котлы расположены в отсеке или отсеках, не имеющих сообщения с внешним воздухом, за исключением проходов, по которым мощными вентиляторами нагнетается воздух под давлением, значительно превышающим атмосферное. Есть только один "выход", а именно, через топку и трубы (или газоходы) котла, а также воронку. Таким образом, он проходит через них, доводя

топливо до белого каления. Как легко себе представить, температура в кочегарке, особенно в тропиках, далека от приятной. В Красном море столбик термометра иногда поднимается до 170 ° по Фаренгейту и выше, и бедным кочегарам приходится очень плохо.

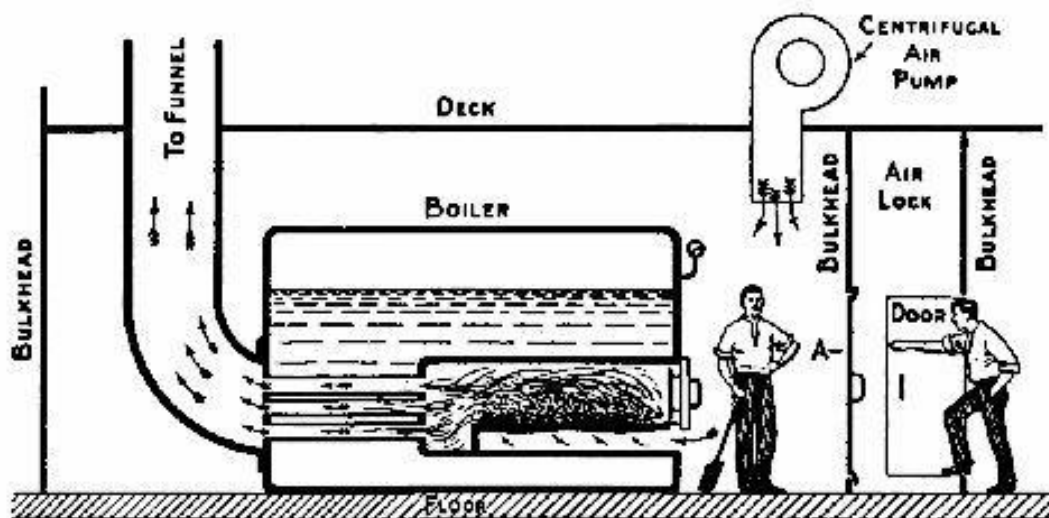


Рис. 10. Схема, показывающая, как создается "принудительная тяга" в кочегарке и как это влияет на работу печей.



КОЧЕГАРКЕ БОЕВОГО КОРАБЛЯ.

Вторая система - это система *наведенной тяги*. Здесь воздух *всасывается* через печь путем создания вакуума в воронке и в открывающейся в нее камере. Обращаясь к рис. 6, мы видим трубу, по которой отработанный пар из цилиндров локомотива выбрасывается вверх в воронку, в которой и в дымовой камере под ней при работе двигателя образуется сильный вакуум. Теперь, "природа не терпит вакуума", поэтому воздух попадет в коптильню, если

будет открыт какой-нибудь путь. Существует — через воздушные заслонки в нижней части печи, саму печь и жаровые трубы; и по пути кислород соединяется с углеродом топлива, образуя углекислый газ. Сила тяги настолько велика, что, как часто замечаешь, когда ночью проезжает поезд, раскаленные угли, вынутые из топки и протянутые по трубам, подбрасываются далеко в воздух. В скобках можно было бы упомянуть, что так называемый "дым", который выходит из трубы движущегося двигателя, в основном представляет собой конденсирующийся пар. Пароход, с другой стороны, изрыгает дым только из своих труб, поскольку пресная вода слишком ценна, чтобы тратить ее впустую в виде пара. Мы обратимся к этому позже (стр. 72).

АРМАТУРА ДЛЯ КОТЛА.

Наиболее важными деталями котла являются: (1) предохранительный клапан; (2) водомер; (3) паром; (4) механизмы подачи воды.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН.

Профессор Терстон, выдающийся специалист по паровым двигателям, подсчитал, что простой цилиндрический котел весом 100 кг. давление в квадратный дюйм содержит достаточно запасенной энергии, чтобы выбросить ее в воздух на расстояние $3\frac{1}{2}$ мили по вертикали. В случае ланкаширского котла при равном давлении расстояние составило бы $2\frac{1}{2}$ мили; для локомотивного котла при 125 фунтах - $1\frac{1}{2}$ мили; для парового трубчатого котла при 75 фунтах - 1 миля. Согласно тому же автору, кубический фут нагретой воды под давлением составляет от 60 до 70 фунтов. на квадратный дюйм приходится *примерно столько же энергии, сколько на один фунт пороха.*

Steam - хороший слуга, но ужасный хозяин. Его необходимо держать под строгим контролем. Каким бы мощным ни был котел, он лопнет, если давление пара в нем будет повышено до определенной точки; и поэтому на нем должно быть установлено какое-либо устройство, которое обеспечит свободный выход пара до достижения этой точки. Устройство такого рода называется *предохранительным клапаном*. Обычно он продувается менее чем при половине максимального давления, которое, как было доказано экспериментально, может выдержать котел.

В принципе, предохранительный клапан обозначает отверстие, закрытое точно подогнанной пробкой, которая прижимается к своему гнезду на крышке котла утяжеленным рычагом или пружиной. Как только давление пара на торцевую поверхность пробки превышает противодействующую силу груза или пружины, пробка поднимается, и пар выходит наружу до тех пор, пока не восстановится равновесие противодействующих сил.

На стационарных двигателях обычно используется рычажный предохранительный клапан (рис. 11). Точку отдувки можно изменять, перемещая вес вдоль рычага таким образом, чтобы придать ему большую или меньшую нагрузку. В локомотивных и судовых котлах, где необходимо учитывать удары и перемещения, грузы заменяются пружинами, устанавливаются на определенное натяжение и фиксируются так, чтобы их нельзя было потрогать.

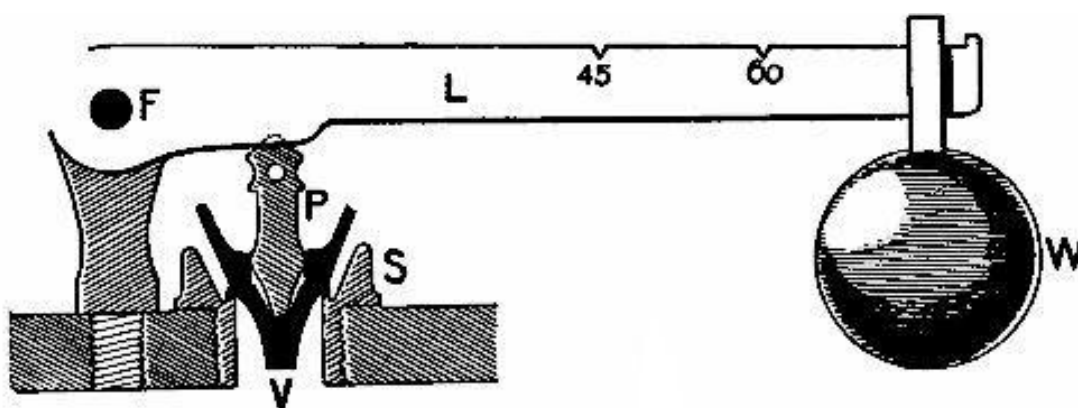


Рис.

11.рычажный предохранительный клапан. V - клапан; S - посадочное место; P - штифт; L - рычаг; F - точка опоры; W - вес. На рисунках указаны положения, в которых следует разместить груз, чтобы клапан заработал, когда давление поднимется до указанного количества фунтов на квадратный дюйм.

Котлы тестируются путем заполнения котлов полностью и (1) нагрева воды, которая слегка расширяется, но под большим давлением; (2) нагнетания дополнительного количества воды мощным насосом. В любом случае разрыв не сопровождался бы взрывом, поскольку вода очень неэластична.

Времена, когда инженер мог "сидеть на клапанах—, то есть завинчивать их, чтобы получить большее давление, прошли, а вместе с ними и значительная часть опасностей, связанных с паром высокого давления. Закон о производстве 1895 года, действующий на всей территории Британских островов, предусматривает, что каждый котел для выработки пара на заводе или в мастерской, где применяется Закон, должен иметь надлежащий предохранительный клапан, паромер и водомер; и что котлы и фитинги должны проверяться компетентным лицом не реже одного раза в четырнадцать месяцев. Несоблюдение этих положений влечет за собой для владельца котла серьезные штрафные санкции в случае взрыва.

Один из самых разрушительных взрывов за всю историю наблюдений произошел на металлургическом заводе Редкар в Йоркшире в июне 1895 года. В этом случае лопнули двенадцать из пятнадцати котлов, расположенных бок о бок, из-за того, что один оказался слишком слабым для своей работы. Разлетевшиеся осколки этого котла, ударяясь о стенки других котлов, взрывали их, и таким образом ущерб передавался по линии. Двадцать человек были убиты и ранены; в то время как металлические глыбы весом в несколько тонн каждая были отброшены на 250 ярдов и причинили большой ущерб.

Следующее взято из дневника, датированного 22 декабря 1895 года: "*Провиденс (Род-Айленд)*.—Недавнее пророчество о том, что между 16 и 24 декабря в магазине взорвется бойлер, серьезно повлияло на рождественскую торговлю. Покупатели невероятно нервничают. Реклама одного магазина гласит: "Бойлеры не используются; лифты работают на электричестве ". Бойлеры были проверены во всех магазинах ".

ВОДОМЕР.

Ни одна установка бойлера не является более важной, чем *водомер*, который показывает уровень, на котором находится вода. Инженер должен постоянно сверяться со своим прибором, так как при слишком низком уровне воды трубы и другие поверхности,

подверженные воздействию пламени печи, могут прогореть насквозь, что приведет к катастрофическим последствиям; в то время как, с другой стороны, слишком большое количество воды приведет к плохому пропариванию. Секция обычного датчика показана на рис. 12. Он состоит из двух частей, каждая из которых снабжена сальником G для создания паропроницаемого соединения вокруг стеклянной трубки, которая вставляется через отверстие, закрытое заглушкой P¹. Краны T¹ и T² нормально открыты, что обеспечивает поступление пара и воды соответственно в трубу. Кран T³ остается закрытым, за исключением случаев, когда по какой-либо причине необходимо выпускать пар или воду через манометр. Отверстия C C можно прочистить, если снять заглушки P^{2 3}.

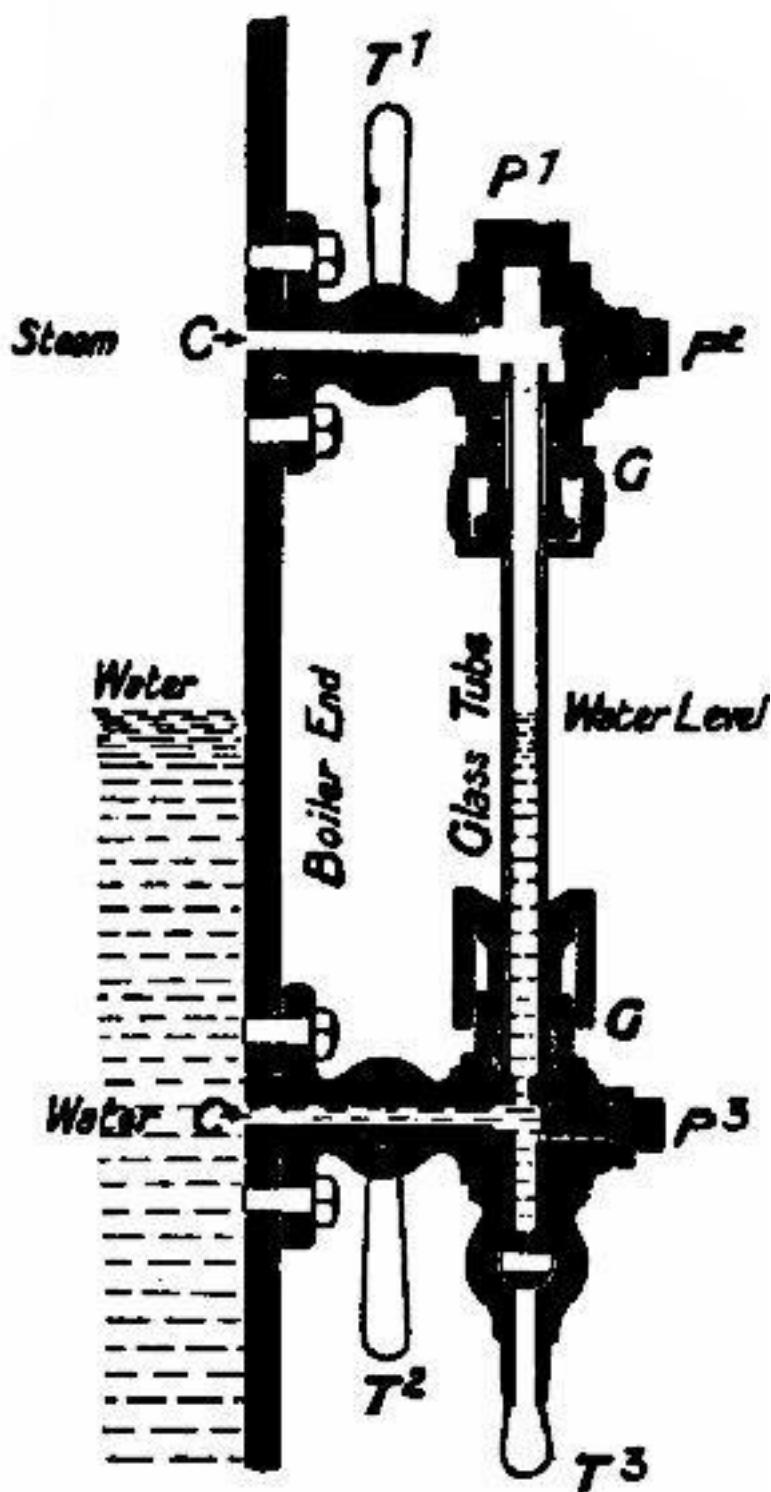


Рис. 12. Сечение водомера.

Большинство датчиков на котлах высокого давления имеют спереди экран из толстого стекла, чтобы в случае разрыва трубки пар и вода не попадали непосредственно на обслуживающий персонал. Еще одной мерой предосторожности является установка двух шаровых кранов на концах измерительного стекла. В обычных условиях шарики лежат в углублениях, свободных от проходов; но когда возникает поток пара или воды, они засасываются в свои гнезда и перекрывают все выходы.

На многих котлах установлены два водомера, поскольку любой из них иногда может работать плохо. Стекла испытываются при давлении 3000 фунтов. или больше на квадратный дюйм перед использованием.

ДАТЧИК ПАРА.

Крайне важно, чтобы лицо, ответственное за котел, знало, какого давления достиг пар. Поэтому каждый котел оснащен одним *датчиком пара*; многие - двумя, чтобы один из них не был ненадежным. Существует два основных типа паровых манометров: (1) Бурдона; (2) Шеффера-Буденберга. Принцип действия Бурдона проиллюстрирован рис. 13, на котором А представляет собой отрезок резиновой трубки, закрытый с одного конца, а с другого натянутый на сопло велосипедного насоса для накачивания шин. При изгибе по кривой, как показано на рисунке, сечение трубки будет овальным. Когда воздух закачивается внутрь, резиновые стенки стремятся принять круглое сечение, поскольку такая форма охватывает большую площадь, чем овал с равной окружностью, и, следовательно, освобождает место для большего объема воздуха. При этом трубка сама выпрямляется и принимает положение, указанное пунктирными линиями. Повесьте пустую "внутреннюю трубку" пневматической шины на гвоздь и надуйте ее, и вы получите хорошую иллюстрацию принципа.



Рис. 13.—

Принцип работы парового датчика.

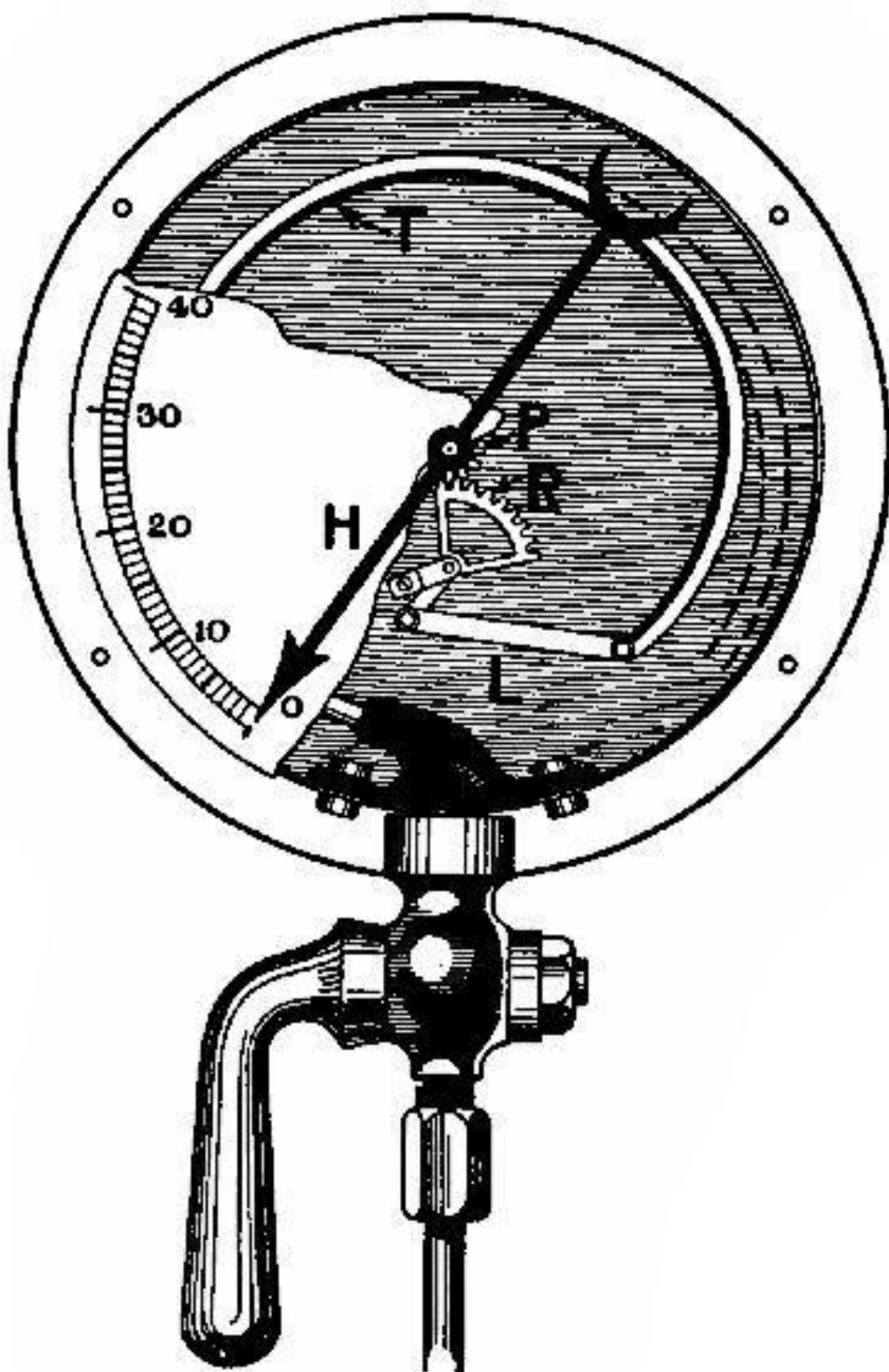


Рис. 14. Паровой манометр Бурдона. Часть циферблата снята, чтобы показать механизм.

На рис. 14 у нас есть калибр Бурдона, у которого часть циферблата отломана, чтобы показать внутренний механизм. Т представляет собой сплюснутую металлическую трубку, запаянную с одного конца в полую отливку, в которую ввинчивается кран, соединенный с котлом. Другой конец (закрытый) прикреплен к звену L, которое приводит в действие рычаг квадратной рейки R, входящий в зацепление с маленькой шестерней Р, приводящей в действие указатель. Когда давление пара повышается, трубка Т перемещает свой свободный конец наружу в положение, показанное пунктирными линиями, и проходит через рычаг

стойки, перемещая таким образом указатель по шкале. По мере падения давления трубка постепенно возвращается в свое нулевое положение.

Действие датчика Шеффера-Буденберга зависит от эластичности тонкой гофрированной металлической пластины, на одну сторону которой давит пар. Когда пластина выпячивается вверх, она толкает вверх опирающийся на нее небольшой стержень, который приводит в действие квадрант и рейку, аналогичные манометру Бурдона. Этот принцип используется в другой форме для anerоидного барометра ([стр. 329](#)).

ПОДАЧА ВОДЫ В БОЙЛЕР.

Вода внутри котла поддерживается на должном уровне с помощью (1) насосов или (2) форсунок. Первые чаще всего используются в стационарных и судовых котлах. Поскольку их механизм во многом такой же, как у обычных нагнетательных насосов, которые будут описаны в следующей главе, мы можем сразу перейти к *инжектору*, который сейчас почти повсеместно используется на локомотивах, а иногда и на стационарных котлах. На первый взгляд инжектор представляет собой механический парадокс, поскольку он использует пар из котла для нагнетания воды в котел. На рис. 15 мы видим иллюстрацию принципа работы инжектора. Пар выводится из котла по трубе А, которая заканчивается соплом, окруженным конусом Е, соединенным трубой В с резервуаром для воды. При включении подачи пара он с огромной скоростью вырывается из сопла и создает частичный вакуум в конусе Е, который вскоре заполняется водой. При встрече с водой пар конденсируется, но не раньше, чем он передаст часть своей *скорости* воде, которая, таким образом, набирает достаточный импульс, чтобы опустить клапан и найти свой путь в котел. Переливное пространство О О между Е и С позволяет пару и воде выходить наружу до тех пор, пока вода не наберет необходимую скорость.

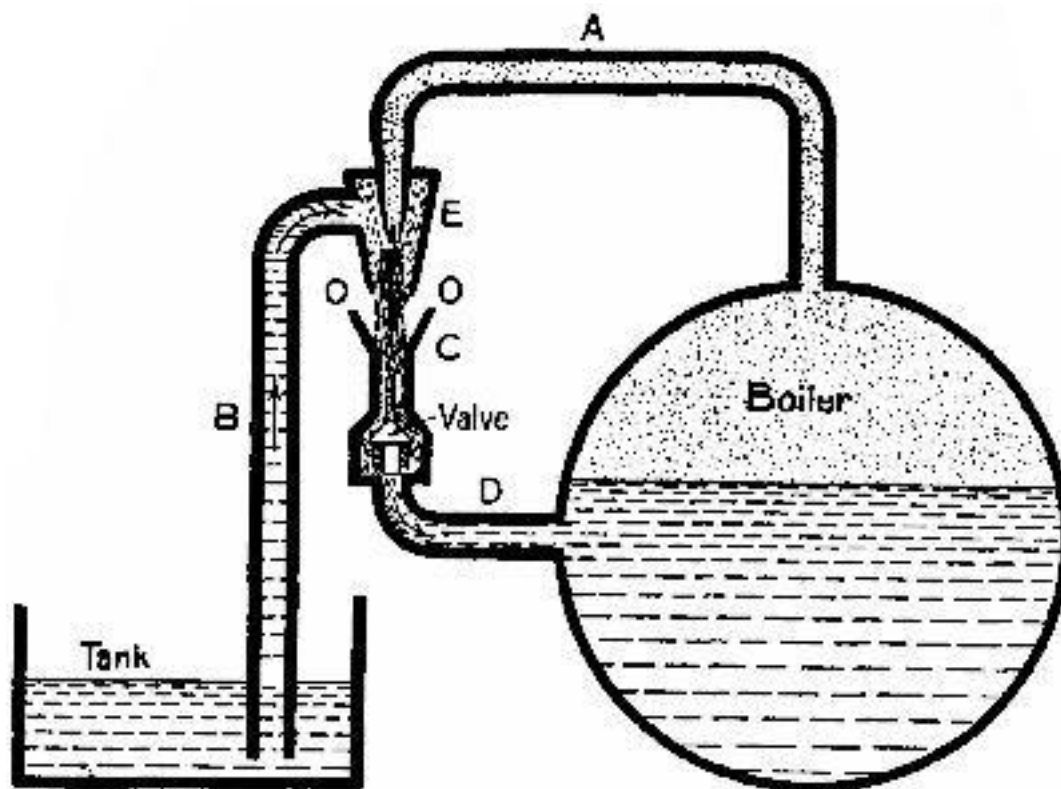


Рис. 15.Схема, иллюстрирующая принцип работы паровой форсунки.

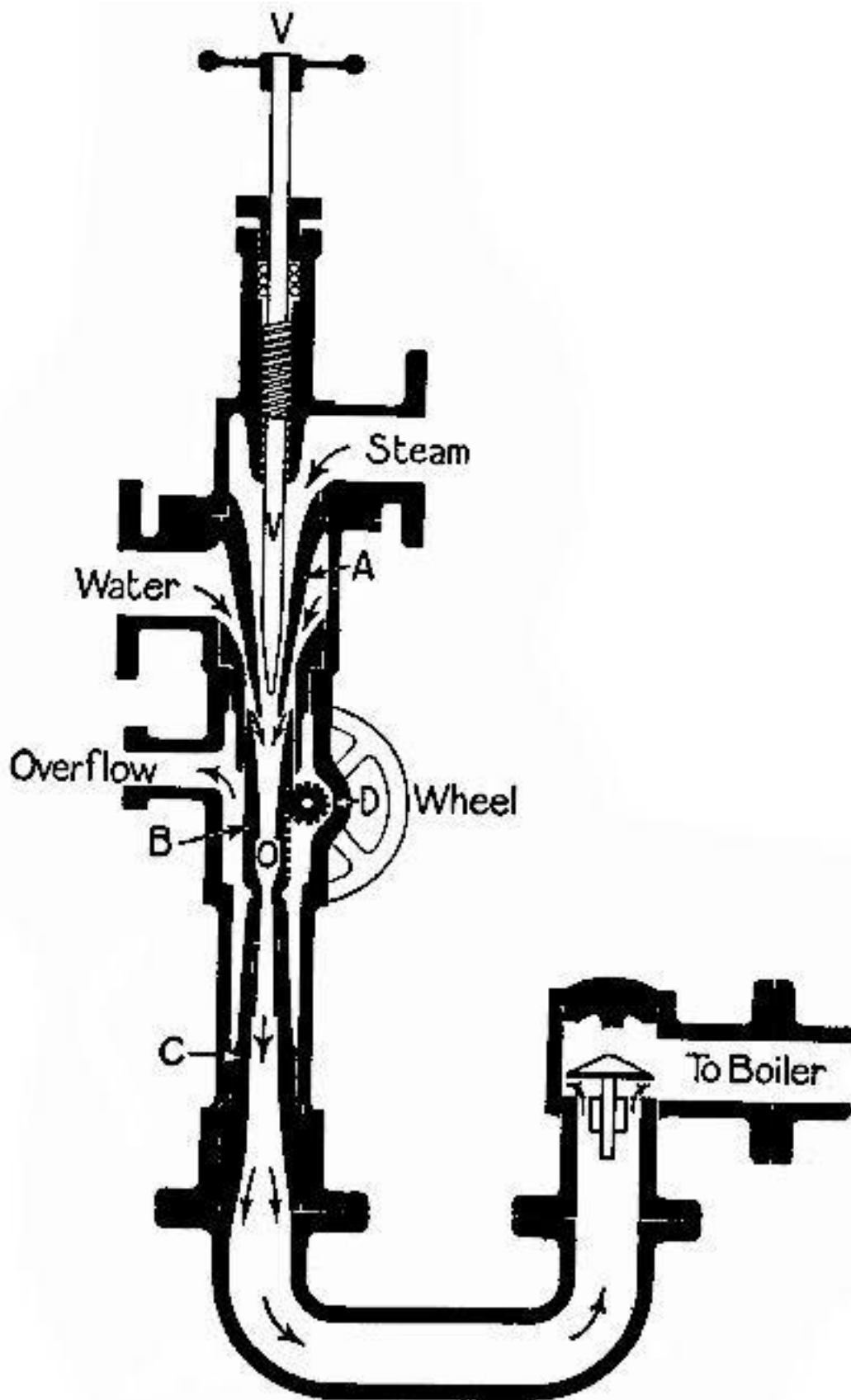


Рис. 16. Инжектор

Гиффарда.

Очень часто используется форсунка Гиффарда (рис. 16). Поступление пара обеспечивается завинчиванием клапана V. Проходя через сопло конуса A, он забирает воду и выбрасывает ее в "смесительный конус" B, который может подниматься или опускаться с помощью

шестерни D (приводимой в действие показанным маховиком) для регулирования количества воды, поступающей в В. В центре В находится отверстие О, сообщающееся с переливным отверстием. Вода поступает в бойлер через клапан слева. Следует заметить, что конус А и часть В над отверстием О сужаются вниз. Это делается для преобразования *давления* пара в *скорость*. Под буквой О находится конус, диаметр которого увеличивается книзу. Здесь *скорость* воды преобразуется обратно в *давление* в соответствии с хорошо известным законом гидромеханики.

Инжектор плохо работает, если питательная вода слишком горячая для быстрой конденсации пара; и можно принять за правило, что чем теплее вода, тем меньшее ее количество впрыскивается при заданном весе пара.^[2] Некоторые форсунки имеют откидные клапаны, закрывающие переливное отверстие, чтобы предотвратить всасывание воздуха и его подачу в котел.

Когда инжектор получает внезапный удар, подобный тому, который возникает при проезде локомотивом точек, он может "отлететь", то есть на мгновение остановиться, а затем направить пар и воду через переливное отверстие. Если это происходит, необходимо отключить подачу пара и воды и перезапустить форсунку; если только это не разновидность *самозапускающейся* системы, которая автоматически контролирует подачу воды в "смесительный конус" и позволяет форсунке "подниматься" самостоятельно.

В целях экономии часть пара, выбрасываемого из цилиндров локомотива, иногда используется для работы инжектора, который пропускает воду под давлением 70 фунтов. на квадратный дюйм, ко второму инжектору, приводимому в действие паром высокого давления, поступающим непосредственно из котла, что увеличивает его скорость в достаточной степени, чтобы преодолеть давление в котле. В этом случае для впрыска заданного веса воды требуется лишь небольшая часть веса пара высокого давления по сравнению с тем, который используется в одноступенчатом инжекторе.

[1] "Паровая машина", стр. 3.

[2] Под "массой пара" подразумевается пар, образующийся при кипячении определенного веса воды. Фунт пара, если его сконденсировать, образует фунт воды.

Глава II.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ.

Поршневые двигатели—Двухцилиндровые двигатели—Функция маховика—Цилиндр—Золотниковый клапан—Эксцентрик—"Круг" клапана: расширение пара—Как регулируется отключение—Ограничение рабочей мощности—Составные двигатели—Устройство расширительных двигателей—Составные локомотивы—Реверсивные передачи—"Сцепление"—Поршень—клапаны—Регуляторы частоты вращения—Судовые регуляторы частоты вращения—Конденсатор.

Рассмотрев несколько подробнее устройство, используемое для превращения воды в пар высокого давления, мы можем сразу перейти к рассмотрению механизмов, которые преобразуют энергию пара в механическое движение, или *работу*.

Паровые машины бывают двух видов: (1) *возвратно-поступательные*, использующие цилиндры и кривошипы; (2) *вращающиеся*, называемые турбинами.

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

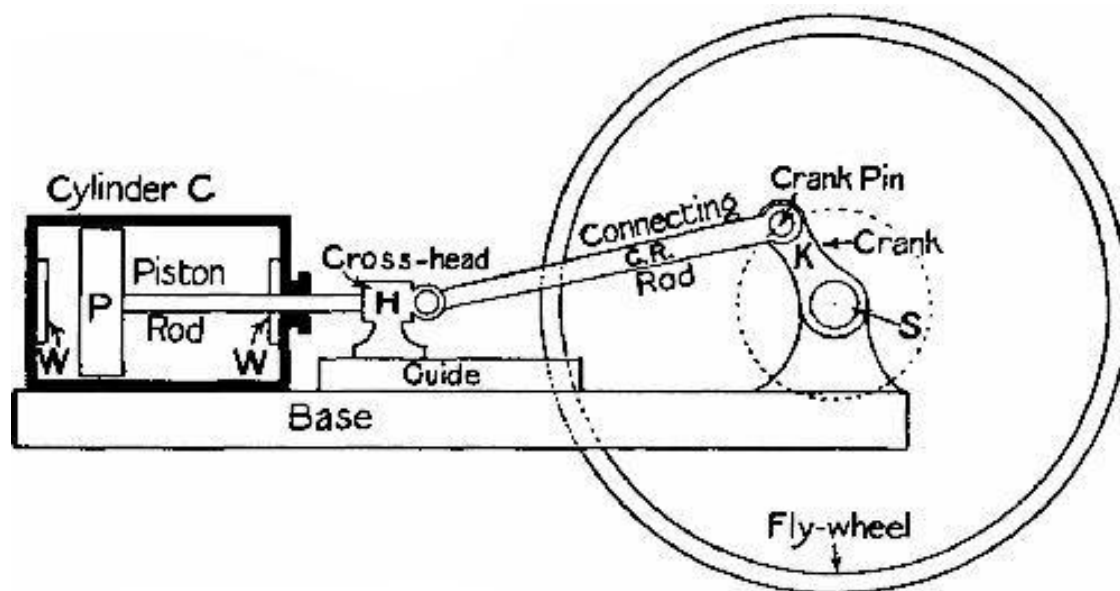


Рис. 17.Эскиз,

показывающий части горизонтальной паровой машины.

На рис. 17 представлена принципиальная схема простейшей формы поршневого двигателя. С - цилиндр, в который пар подается через паропроводы [3] W W сначала с одной стороны поршня P, затем с другой. Давление на поршень толкает его вдоль цилиндра, и усилие передается через поршневой шток Pr на шатун Cr, который заставляет вращаться кривошип K. В точке, где сходятся два штока, имеется "траверса" H, перемещающаяся взад и вперед по направляющей для предотвращения разрушения или изгиба штока поршня из-за косых толчков, которые он передает через Cr кривошипу K. Последний соединен шпонкой с валом, несущим маховик или, в случае локомотива, ведущие колеса. Коленчатый вал вращается в подшипниках. Внутренний диаметр цилиндра называется его *отверстием*. Ход поршня называется его *ходом*. Расстояние от центра вала до центра шатунного пальца называется *ходом*, которое составляет половину хода поршня. Двигатель такого типа называется двигателем двойного действия, поскольку пар попеременно толкает поршень вперед и назад. Когда шток поршня, шатун и кривошип лежат на прямой линии, то есть когда поршень полностью выдвинут или полностью введен, кривошип считается находящимся в "мертвой точке"; поскольку, если бы кривошип был повернут в такое положение, поступление пара не привело бы к движению, поскольку тяга была бы полностью поглощена подшипниками.

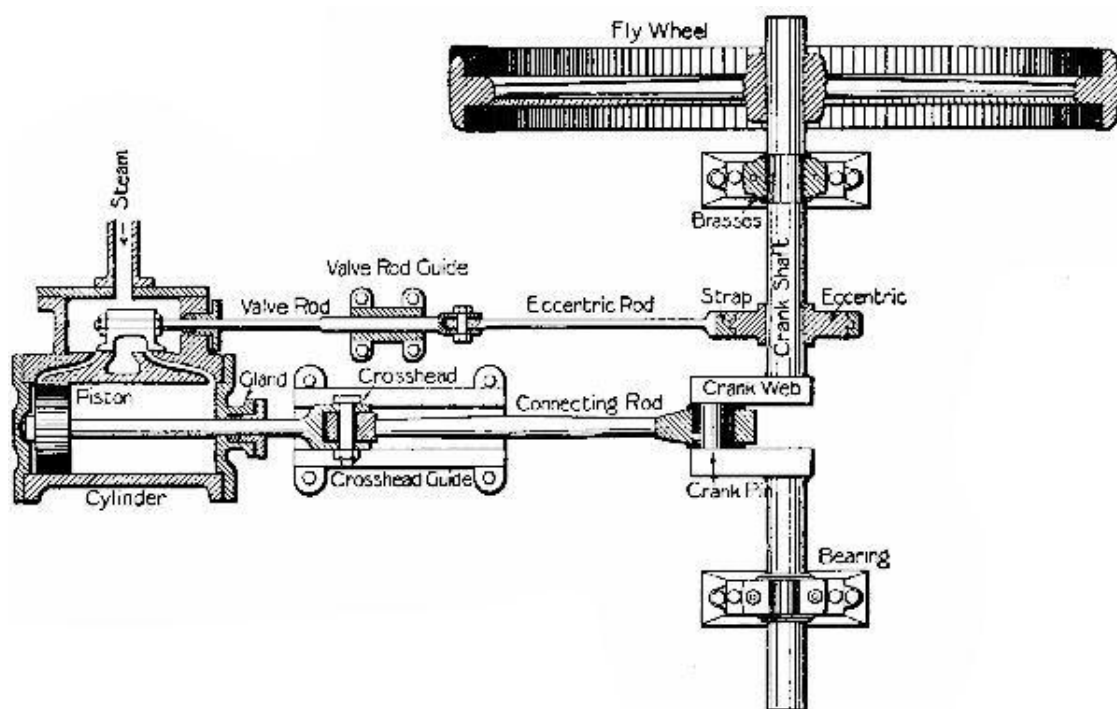


Рис. 18.Схема

сечения горизонтального двигателя.

ДВУХЦИЛИНДРОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

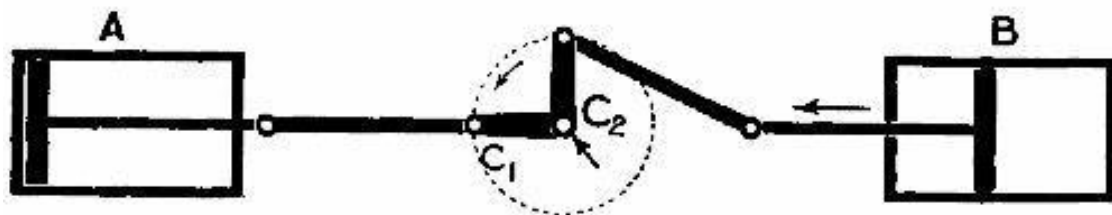


Рис. 19.



Рис. 20.

Локомотивные, морские и все другие двигатели, которые должны запускаться в любом положении, имеют по крайней мере два цилиндра и столько же кривошипов, установленных под углом друг к другу. На рис. 19 показано, что когда один кривошип двухцилиндрового двигателя, C_1 , находится в "мертвой точке", другой, C_2 , достигает положения, при котором поршень развивает максимальную мощность вращения. На рис. 20 каждый кривошип повернут под углом 45° к горизонтали, и оба поршня способны выполнять работу. Мощность одного поршня постоянно увеличивается, в то время как мощность другого уменьшается. Если используются цилиндры однократного действия, то для создания механизма постоянного вращения независимо от маховика требуется по крайней мере три из них.

ФУНКЦИЯ МАХОВИКА.

Маховик действует как *резервуар энергии*, выводящий кривошип одноцилиндрового двигателя из "мертвых точек". Во всех поршневых двигателях полезно обеспечивать устойчивый ход, поскольку тяжелое колесо является тормозом при внезапном повышении или понижении давления пара. В насосных машинах, измельчителях мангольда, жмыхах или измельчителях мякоти маховик помогает оператору преодолевать его мертвые точки, то есть те части окружности, описываемой рукояткой, в которых он может выполнять небольшую работу.

ЦИЛИНДР.

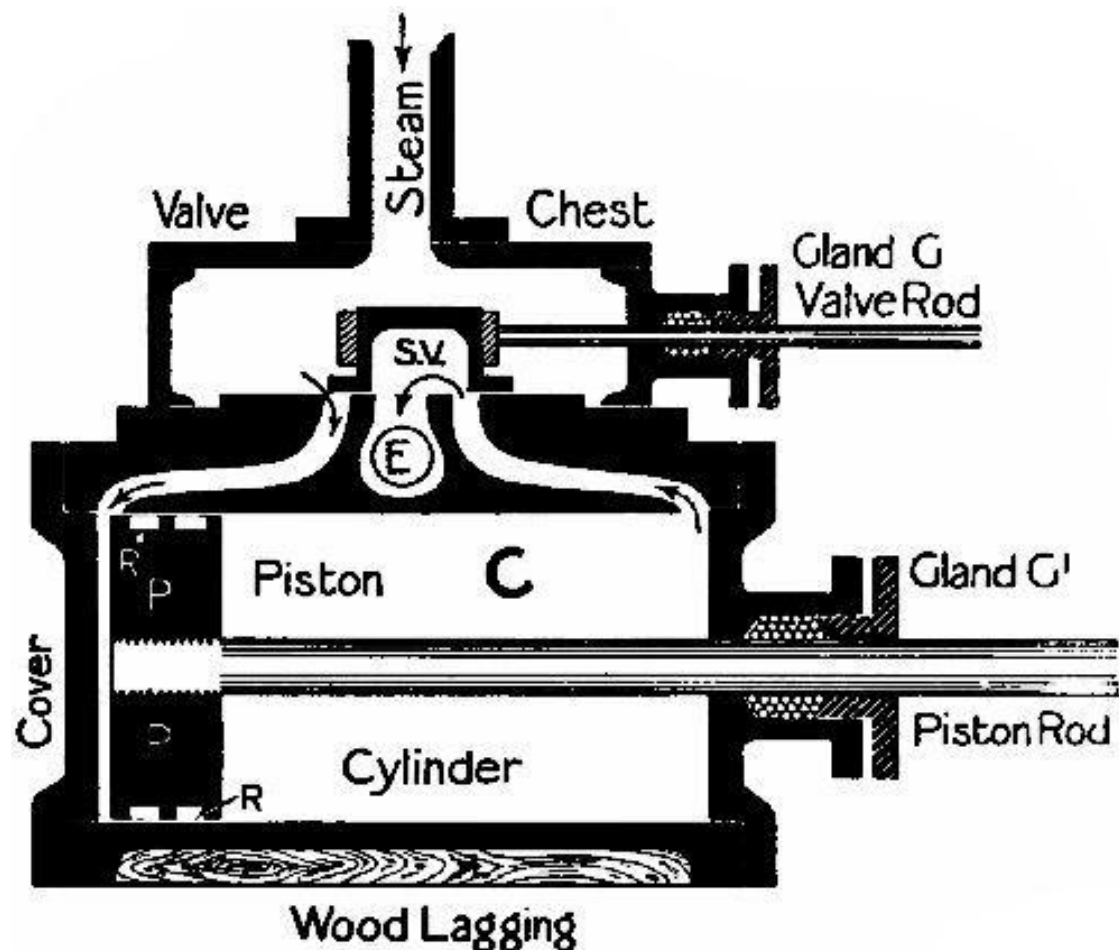


Рис.

21. Схематическое сечение цилиндра и его золотникового клапана.

Цилиндры двигателя заменяют мышечную систему человеческого тела. На рис. 21 у нас есть цилиндр и его золотниковый клапан, показанный в разрезе. Прежде всего, посмотрите на P, поршень. Вокруг него расположены белые канавки R R, в которые вставлены кольца для предотвращения прохождения пара мимо поршня. Кольца прорезаны в одной точке по окружности и слегка приоткрыты, так что в нужном положении они со всех сторон прижимаются к стенкам цилиндра. После небольшого использования они "приступают к своей работе", то есть изнашиваются до полной посадки в цилиндр. Каждый конец цилиндра закрыт крышкой, на одной из которых отлит выступ, в котором проделано отверстие для прохождения штока поршня. Для предотвращения выхода пара в бобышке выполнено правильное углубление для размещения *сальника*, G¹, который надевается на стержень и привинчивается к бобышке; внутреннее пространство между ними заполнено уплотнением. Пар из котла поступает в паровую камеру и имел бы доступ к обеим сторонам поршня одновременно через паропроводы, W W, если бы не

ЗОЛОТНИКОВЫЙ КЛАПАН,

полый короб, открытый снизу и достаточно длинный, чтобы его края закрывали оба паропровода одновременно. Между W W находится E - проход для выхода отработанного пара. Края золотникового клапана идеально ровные, как и поверхность, по которой перемещается клапан, так что пар не может проходить под кромками. На нашем рисунке поршень только начал двигаться вправо. Пар поступает через левый паровой патрубок, который клапан только начинает открывать. По мере движения поршня клапан движется в том же направлении до тех пор, пока отверстие не будет полностью открыто, после чего он снова начнет двигаться назад; и как раз перед тем, как поршень закончит свой ход, паропровод справа начнет открываться. Канал подачи пара слева теперь соединен с выпускным отверстием E, так что пар, выполнивший свою функцию, выпускается и выталкивается поршнем из цилиндра. *Возвратно-поступательное движение* - это возвратно-поступательное движение поршня: отсюда и термин "возвратно-поступательные" двигатели. Линейное движение штока поршня преобразуется шатуном и кривошипом во вращательное движение.

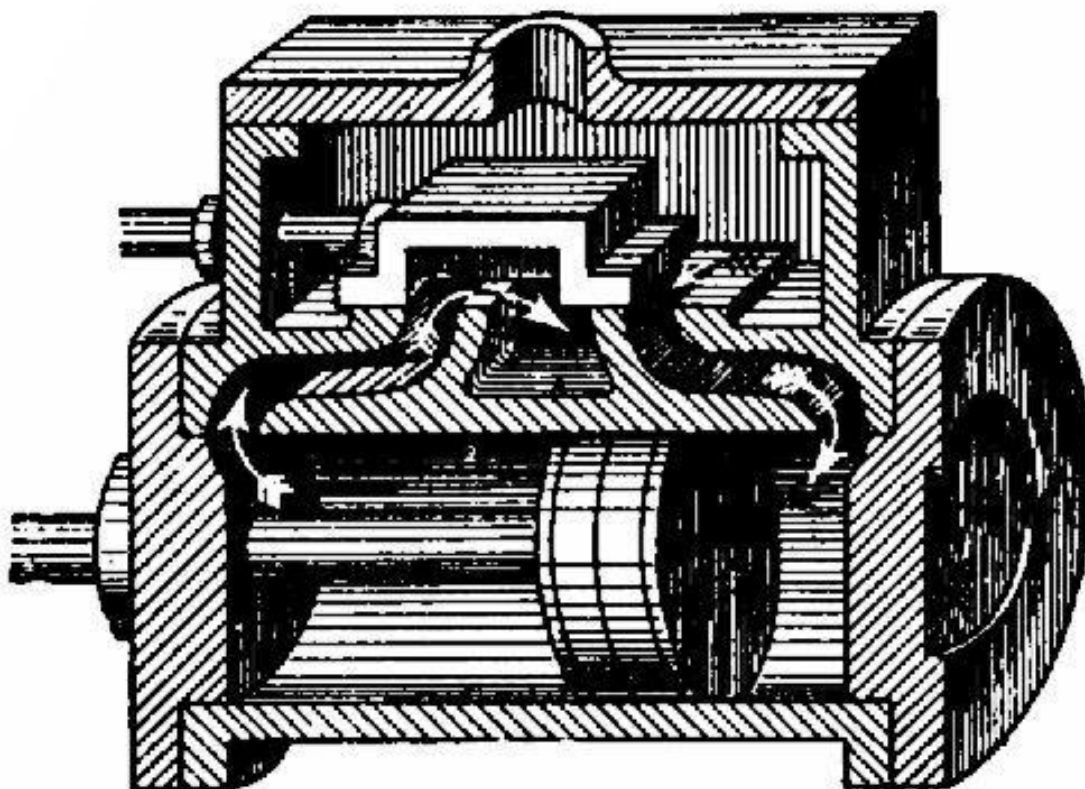


Рис.

22. Перспективный разрез цилиндра.

Использование кривошипа кажется настолько очевидным методом осуществления этого преобразования, что интересно узнать, что, когда Джеймс Уатт изготовил свой "вращательный двигатель" в 1780 году, он не смог использовать кривошип, потому что он уже был запатентован неким Мэтью Уосборо. Однако Уотта было нелегко обескуражить, и в течение двенадцати месяцев он сам запатентовал пять других устройств для получения вращательного движения от штока поршня. Прежде чем продолжить, можно упомянуть, что Уатт был отцом современного, то есть парового двигателя высокого давления; и что из-за несовершенства существующего оборудования трудности, которые ему пришлось преодолеть, были огромными. Однажды он поздравил себя с тем, что в одном из его паровых

цилиндров отверстие было всего на три восьмых дюйма отклонено от нормы. В наши дни хорошая фирма с погрешностью выбраковала бы цилиндр размером 1 × 500 дюйма; а в небольших бензиновых двигателях 1 × 5000 дюйма иногда является максимально допустимым "пределом погрешности".

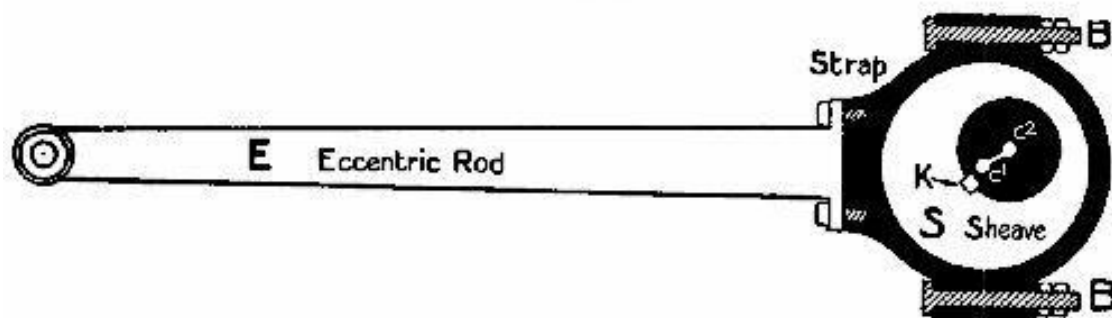


Рис. 23.

Эксцентрик и его стержень.

ЭКСЦЕНТРИЧНЫЙ

используется для перемещения золотника взад-вперед над паровыми отверстиями (рис. 23). Он состоит из трех основных частей — *шкива*, или круглых пластин, установленных на коленчатом валу; и двух *ремней*, которые окружают его и в которых он вращается. К одной планке прикручен "большой конец" эксцентрикового стержня, который другим концом входит в зацепление со стержнем клапана. Планки имеют полукруглую форму и скрепляются прочными болтами типа Bb, проходящими через выступы или утолщения на концах полукругов. Шкив имеет глубокую канавку по всем краям, в которой проходят ремни.

"Эксцентриситет" или "бросок" эксцентрика - это расстояние между C^2 , центром вала, и C^1 , центром шкива. Бросок должен составлять половину расстояния, которое золотниковый клапан должен пройти над паровыми отверстиями. Сужающийся стальной клин или шпонка K, наполовину утопленная в эксцентрике и наполовину в пазу на валу, надежно удерживает эксцентрик и предотвращает его скольжение. Некоторые эксцентриковые шкивы состоят из двух частей, скрепленных болтами, так что их можно легко снять, не демонтируя вал.

Эксцентрик, в принципе, представляет собой не что иное, как кривошипный палец, увеличенный настолько, что он больше вала кривошипа. Его удобство заключается в том, что он может быть установлен в любой точке вала, тогда как кривошип может быть расположен только на конце, если он фактически не является V-образным изгибом самого вала — в этом случае его положение, конечно, является постоянным.

УСТАНОВКА ЗЛОТНИКА И ЭКСЦЕНТРИКА.

Тема настройки клапанов настолько обширна, что полное изложение могло бы утомить читателя, даже если бы место позволяло ее включить. Но поскольку эффективность поршневого двигателя в значительной степени зависит от характера и расположения клапанов, мы рассмотрим некоторые из наиболее элементарных принципов.

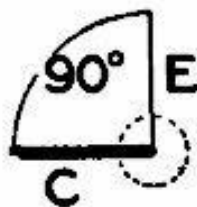
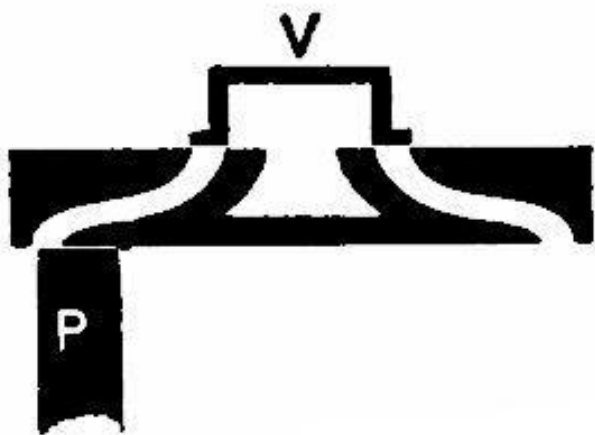


Рис. 24.

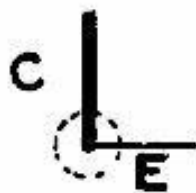
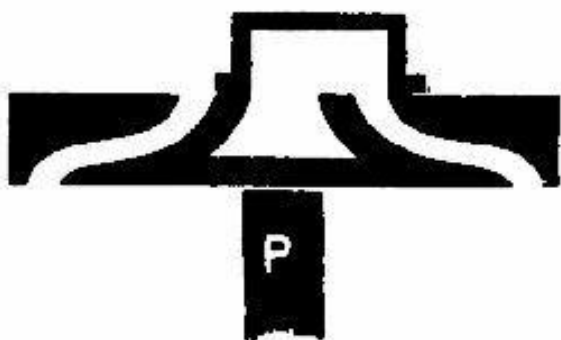


Рис. 25.

На рис. 24 мы видим в разрезе золотниковый клапан, отверстия цилиндра и часть поршня. Справа расположены две линии под прямым углом — более толстая, С, обозначает положение кривошипа; более тонкая, Е, положение эксцентрика. (Положение эксцентрика обозначено схематически линией, проведенной от центра коленчатого вала через центр шкива.) Края клапана в этом случае достаточно широки, чтобы просто закрывать отверстия, то есть у них нет *внахлест*. Поршень вот-вот начнет свой ход влево; и эксцентрик, который установлен под углом 90° *вперед* кривошипа, вот-вот начнет открывать левое отверстие. К тому времени, когда С займет положение, первоначально занятое Е, Е будет горизонтальным (рис. 25) — то есть эксцентрик завершит свой ход влево; и пока С будет проходить следующий прямой угол, клапан закроет левое отверстие, которое перестанет пропускать пар, когда поршень достигнет конца своего хода. Операция повторяется с правой стороны, пока поршень возвращается в исходное положение.

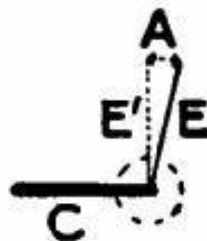
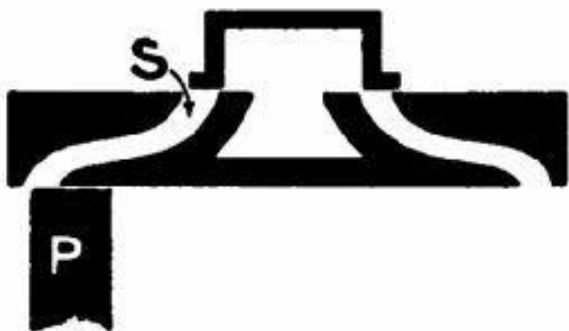


Рис. 26.

Здесь необходимо отметить: (1) что пар подается под полным давлением *на протяжении* всего хода; (2) что подача начинается и заканчивается одновременно с ходом. Теперь, на практике, необходимо впустить пар до того, как поршень закончит свой ход, чтобы *смягчить* силу внезапного изменения направления поршня, его штока и других движущихся частей. Для этого эксцентрик устанавливается заранее более чем на 90° , то есть больше того, что инженеры называют *квадратом*. На рис. 26 показано такое расположение. Угол между E и E' называется *углом продвижения*. Обратившись к клапану, вы увидите, что он открылся на значительную величину, хотя поршень еще не начал движение вправо.

"ПРОВОРАЧИВАНИЕ" КЛАПАНА — РАСШИРЕНИЕ ПАРА.

В простой форме клапана, изображенной на рис. 24, торцевые поверхности клапана достаточно широки, чтобы закрывать отверстия для подачи пара. Если эксцентрик не находится *под углом* к кривошипу, подача пара продолжается до самого конца хода; если это установлено немного заранее, то есть с учетом *опережения*, подача пара прекращается до того, как поршень полностью пройдет по цилиндру, и повторно подается до завершения обратного хода. Даже с таким приводом работа очень неэкономична, так как пар поступает в выхлопную систему практически при том же давлении, при котором он поступал в цилиндр. Его свойством *расширения* пренебрегли. Но предположим, что пар при 100 фунтах. давление допускалось до половины хода, а затем внезапно прекращалось, после чего расширительный характер пара продолжал выталкивать поршень до тех пор, пока давление не снизилось до 50 фунтов. на квадратный дюйм, при каком давлении он поступал бы в выхлопную систему. Теперь обратите внимание, что вся работа, выполняемая паром после отключения, позволяет значительно сэкономить электроэнергию. *Среднее* давление на поршень не такое высокое, как в первом случае; тем не менее, при заданном объеме в 100 фунтов. под давлением пара мы получаем гораздо больше *работы*.

КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ОТКЛЮЧЕНИЕ.

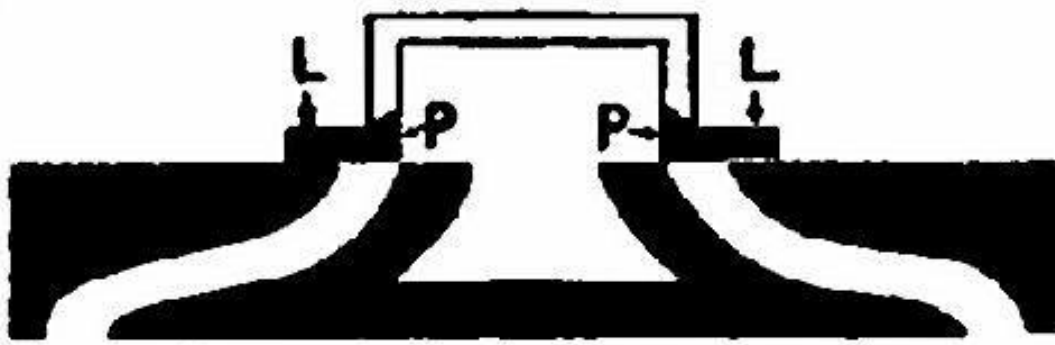


Рис.

27. Золотниковый клапан с "притиранием".

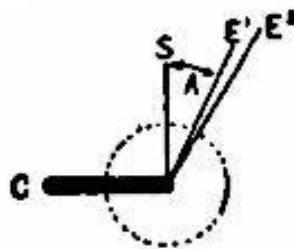
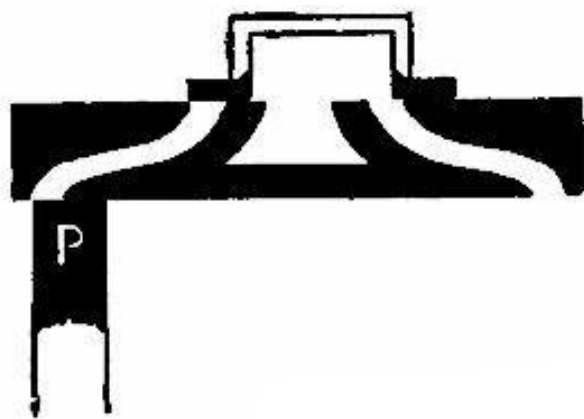


Рис. 28.

Посмотрите на рис. 27. Здесь у нас есть золотниковый клапан, грани которого намного шире паровых отверстий. Части, обозначенные черным цветом, P P, соответствуют поверхностям клапанов, показанным на предыдущих схемах (стр. 54). Затененные участки, L L, называются *кругом*. Увеличивая длину круга, мы увеличиваем диапазон расширяемой обработки. На рис. 28 слева показан полный поршень; клапан находится как раз в точке открытия, чтобы пропустить пар за поршень. Длина эксцентрика равна ширине отверстия + окружности клапана. То, что это должно быть так, очевидно из рассмотрения рис. 27, где клапан находится в своем центральном положении. Отсюда очень простая формула: —Ход клапана = $2 \times (\text{круг} + \text{ширина отверстия})$. Траектория движения центра эксцентрика вокруг центра вала обозначена обычной пунктирной линией (рис. 28). Вы заметите, что "угол опережения", обозначенный стрелкой A, теперь очень значителен. К тому времени, когда кривошип C принимает положение линии S, эксцентрик проходит мертвую точку, и клапан начинает двигаться назад, в конечном итоге возвращаясь в положение, показанное на рис. 28, и перекрывая подачу пара, в то время как поршню еще предстоит совершить значительную часть своего хода. Затем пар начинает работать интенсивнее и продолжает это делать до тех пор, пока клапан не примет положение, показанное на рис. 27.

Если клапан должен иметь "подвод" для подачи пара *перед* окончанием рабочего хода на другую сторону поршня, то *угол опережения* должен быть увеличен, и центральная линия эксцентрика должна проходить по линии E². Следовательно, общий угол опережения = угол для *круга* и угол для *отрыва*.

ПРЕДЕЛ РАСШИРЕННОЙ РАБОТЫ.

Теоретически, увеличивая *круг* и отключая подачу пара все раньше и раньше на гребке, мы должны все больше и больше экономить нашу мощность. Но на практике мы сталкиваемся с большой трудностью, а именно с тем, что *по мере расширения пара его температура падает*. Если отключение произойдет раньше, скажем, на одной трети хода, то сильное расширение снизит температуру металлических стенок цилиндра до такой степени, что при поступлении следующей струи пара с другого конца значительная часть энергии пара будет потеряна при охлаждении. В таком случае разница в температуре между поступающим паром и отработанным слишком велика для экономии. Тем не менее, мы хотим использовать как можно больше энергии. Как нам это сделать?

СОСТАВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

В 1853 году Джон Элдер, основатель судоходной фирмы Elder and Co., Глазго, представил *составной* двигатель для использования на судах. Пар, выпускаемый из цилиндра высокого давления, поступал в другой цилиндр с таким же ходом, но большего диаметра, где расширение продолжалось. В современных двигателях расширение увеличивается до трех и даже четырех ступеней, в зависимости от давления в котле; как правило, чем выше начальное давление, тем большее количество ступеней расширения соответствует экономичной работе.

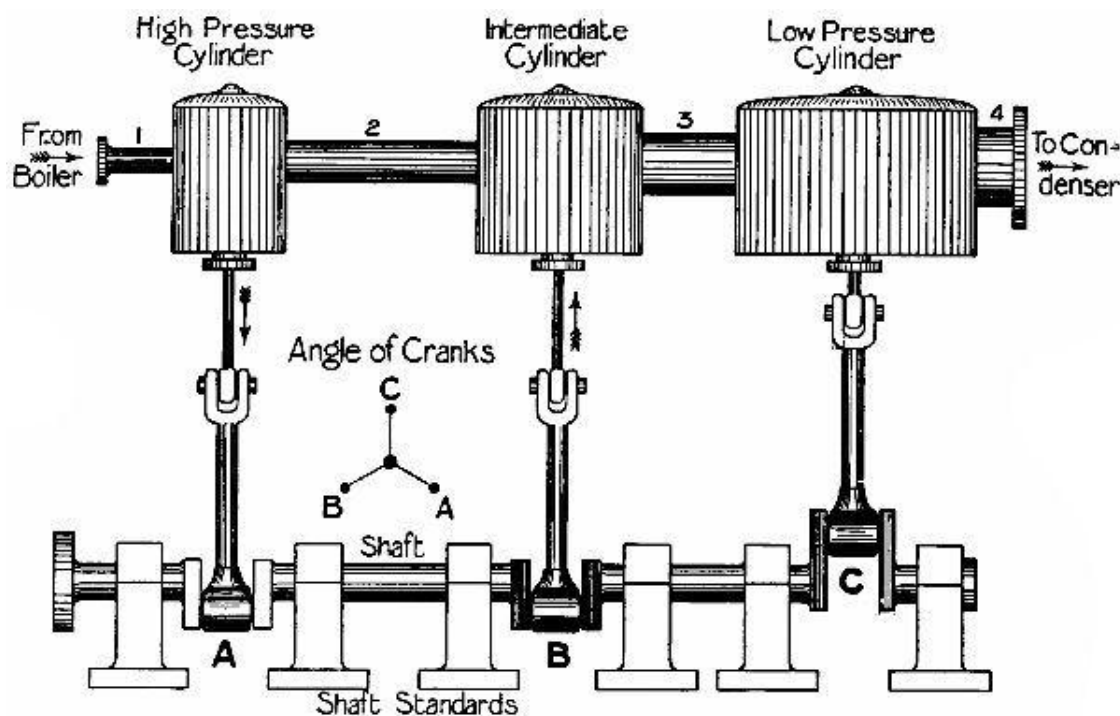


Рис. 29.Схема

устройства судового двигателя тройного расширения. Не показано ни клапанного механизма, ни опор и т.д.

На рис. 29 мы имеем судовой двигатель тройного расширения. Пар поступает в цилиндр высокого давления[4] со скоростью, скажем, 200 фунтов. на квадратный дюйм. Он выпускается весом 75 фунтов. в большую трубу 2 и поступает в промежуточный цилиндр, откуда выпускается весом 25 фунтов. или около того по трубе 3 в цилиндр низкого давления. Наконец, он выбрасывается со скоростью около 8 фунтов. на квадратный дюйм в конденсатор и внезапно превращается в воду; этот процесс создает вакуум и уменьшает противодавление выхлопных газов из цилиндра С. Фактически, конденсатор оказывает *всасывающее* воздействие на выпускную сторону поршня С.

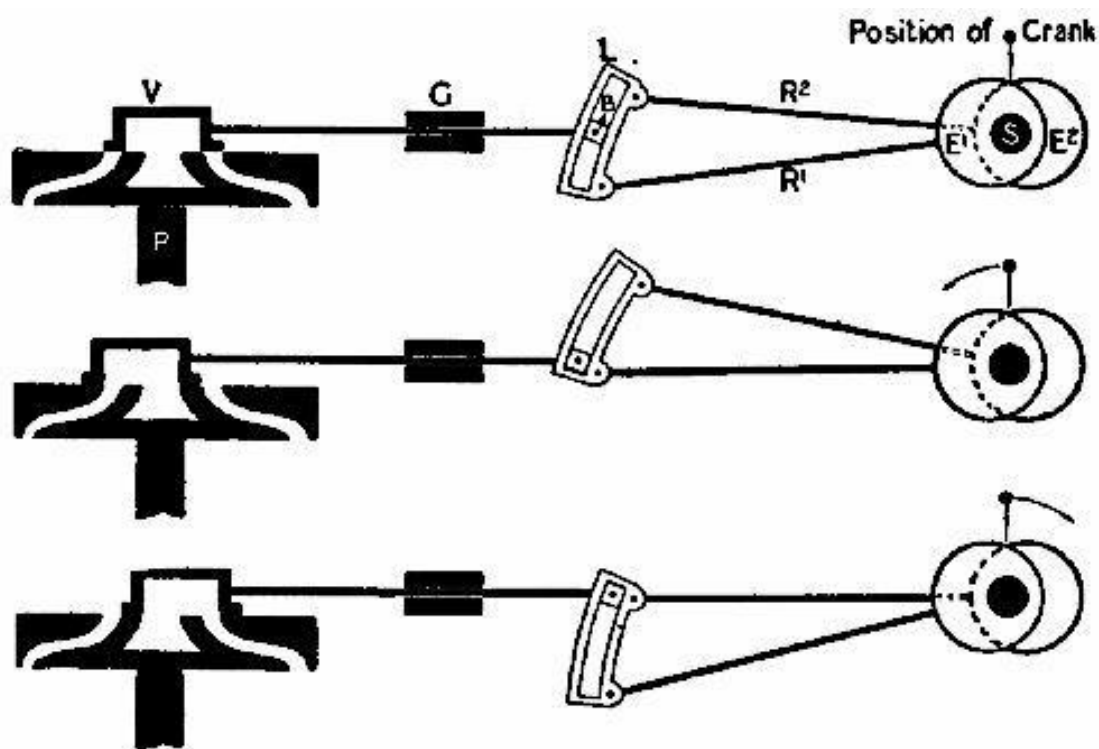
РАСПОЛОЖЕНИЕ РАСШИРИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

На рисунке рукоятки установлены под углом 120°, или треть окружности, так что та или иная рукоятка всегда находится в положении максимальной мощности поворота или вблизи него. Там, где используются только две ступени, цилиндры часто располагаются *тандемом*, причем оба поршня имеют общий поршневой шток и кривошип. Чтобы обеспечить постоянное вращательное движение, они должны монтироваться отдельно, а рабочие рукоятки устанавливаться под прямым углом друг к другу.

СОСТАВНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ.

В 1876 году г-н А. Маллет ввел *компаундирование* в локомотивах; и эта практика была в значительной степени принята. Различные типы "составов" могут быть классифицированы следующим образом: (1) один баллон низкого давления и один баллон высокого давления; (2) один баллон высокого давления и два баллона низкого давления; (3) один баллон низкого давления и два баллона высокого давления; (4) два баллона высокого давления и два баллона низкого давления. Последний сорт очень широко используется во Франции, Америке и России и, по-видимому, дает наилучшие результаты. Там, где используются только два баллона (а иногда и три и четыре), расположение клапанов позволяет подавать пар высокого давления как в баллоны высокого, так и в баллоны низкого давления для запуска поезда или перемещения его по тяжелым ступеням.

ПЕРЕДАЧА ЗАДНЕГО ХОДА.



На рис. 30, 31,

32 показано, как механизм заднего хода изменяет положение золотника.

Двигатели локомотива или парохода должны быть обратимыми, то есть, когда пар подается в цилиндры, машинист должен иметь возможность направлять его по паропроводам таким образом, чтобы рукоятки могли поворачиваться в желаемом направлении. Самая распространенная форма реверсивного устройства (изобретенного Джорджем Стивенсоном) известна как кулисный механизм Стивенсона. На рис. 30 мы имеем схематическое представление этого механизма. E^1 и E^2 - это два эксцентрика, установленных перпендикулярно кривошипу на противоположных концах диаметра. Их стержни соединены с концами звена L , которое может подниматься и опускаться с помощью рычагов (не показаны). B - блок, который может частично вращаться на штифте, выступающем из штока клапана, проходя через направляющую G . На рис. 31 звено наполовину поднято, или, как говорят водители, на "средней передаче". Эксцентрик E^1 отодвинул нижний конец рычага полностью назад; E^2 выдвинул его полностью вперед; и поскольку любое движение одного эксцентрика уравновешивается противоположным движением другого, вращение

эксцентриков вообще не привело бы к перемещению клапана, и пар не мог бы попасть в цилиндр.

Предположим, что на рис. 30 изображен один цилиндр, кривошип, тяги и т.д. локомотива. Кривошип остановился на половине хода; рычаг заднего хода находится на средней передаче. Если инженер желает повернуть рукоятки против часовой стрелки, он *поднимает* рычаг, который приводит шток E^1 в соответствие со штоком клапана, и нажимает на блок *назад* до тех пор, пока не откроется правое отверстие (рис. 31). Если теперь впустить пар, поршень сдвинется влево, и двигатель продолжит работать против часовой стрелки. Если, с другой стороны, он хочет запустить двигатель другим способом, он должен *опустить* рычаг, поставив шток E^2 на одну линию со штоком клапана и вытянув V *вперед*, чтобы открыть заднее отверстие (рис. 32). В любом случае эксцентрик, приводящий в действие конец звена, удаленный от B , не имеет никакого эффекта, поскольку он просто заставляет этот конец описывать дуги окружностей, центром которых является B .

"НАЛАЖИВАЮ СВЯЗЬ".

Если рычаг только частично опущен или поднят из центрального положения, это все равно приводит к соответствующей работе двигателя, но движение клапана уменьшается. При работе на высокой скорости инженер "включает" передачу заднего хода, в результате чего клапаны отключаются в начале хода, и пар работает с большей интенсивностью, чем это было бы при использовании рычага на *полной* или *конечной* передаче; так что это устройство не только делает двигатель реверсивным, но и дает инженеру абсолютную власть над степенью расширения пара, поступающего в цилиндр, и предоставляет метод полного отключения подачи пара. На рис. 30, 31, 32 клапан не имеет нахлеста, а эксцентрики установлены под прямым углом. На практике поверхности клапанов должны были бы соответствовать "колену" и эксцентриковому "выступу"; но для простоты ни то, ни другое не показано.

ДРУГИЕ МЕХАНИЗМЫ.

В редукторе Goosch для локомотивов заднего хода звено не смещается, но шток клапана и его блок поднимаются или опускаются. Механизм Аллана устроен так, что при подъеме звена блок опускается, и *наоборот*. На самом деле это всего лишь модификации принципа Стивенсона, а именно использование *двух* эксцентриков, установленных под равными углами к кривошипу и с противоположных сторон от него. Существуют три других типа рычажной передачи заднего хода и почти дюжина типов *радиальных* устройств заднего хода; но поскольку мы уже описали три наиболее часто используемых на локомотивах и судах устройства, нет необходимости приводить о них подробные сведения.

До внедрения механизма Стивенсона для каждого цилиндра использовался один эксцентрик, и для реверсирования двигателя этот эксцентрик должен был быть ослаблен на оси. "Рычаг и передача, приводимые в действие педалью на подножке, контролировали положение эксцентриков. При запуске двигателя водитель выключал эксцентрики с помощью педали; затем с помощью рычага он поднимал маленькие концы ^[5] эксцентриковых стержней и, отметив положение кривошипов или, если удобнее, балансировочного груза в колесах, он с помощью другой рукоятки перемещал клапаны, чтобы открыть необходимые отверстия для подачи пара, и приводил их в действие нажатием кнопки. рукой до тех пор, пока двигатель не заработал; затем с помощью педали он перекинул эксцентрики, чтобы зацепить шпильки, в то же время опустив концы стержней, чтобы зацепить штифты на шпинделях клапанов, чтобы они продолжали поддерживать

движение клапана ".[6] Можно было бы предположить, что на современных маневровых станциях такое устройство несколько задержало бы операции!

ПОРШНЕВЫЕ КЛАПАНЫ.

В судовых двигателях, а также на многих локомотивах и некоторых стационарных двигателях D-образный клапан (показан на фиг. 30-32) заменяется поршневым клапаном или круглым клапаном, работающим вверх-вниз в трубчатом седле. Лучше всего его можно описать как шток, несущий два поршня, которые соответствуют граням D-образного клапана. Вместо прямоугольных отверстий в трубе имеются отверстия, в которых перемещается поршневой клапан, сообщающийся с каналами подачи пара в цилиндр и с выхлопной трубой. В случае D-образного клапана давление над ним намного больше, чем под ним, и при недостаточной смазке трущихся поверхностей возникает значительное трение. Поршневой клапан преодолевает эту трудность, поскольку пар, который может просачиваться мимо него, давит на его окружность во всех точках одинаково.

РЕГУЛЯТОРЫ СКОРОСТИ.

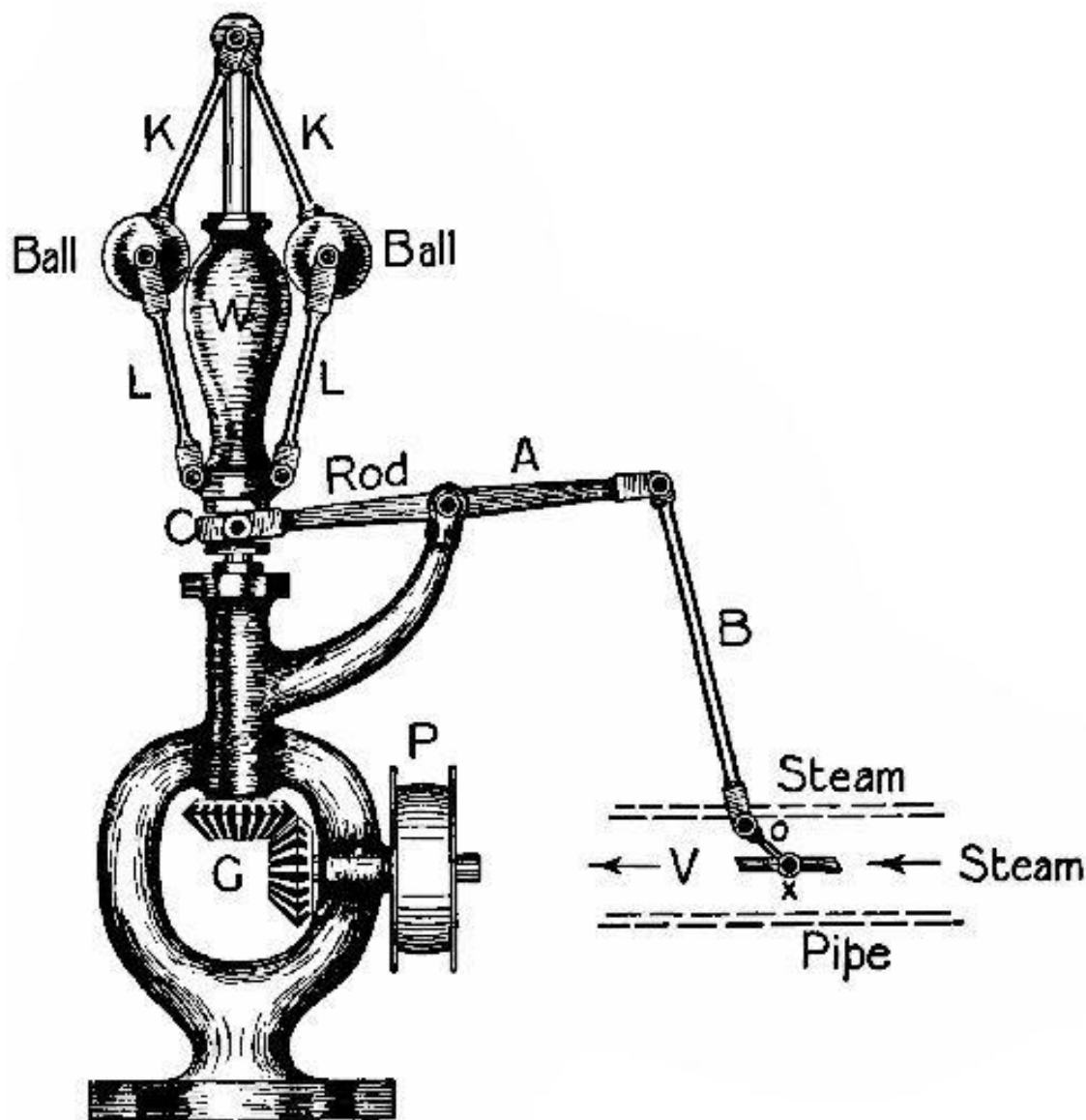


Рис. 33—

Регулятор частоты вращения.

Практически все двигатели, за исключением локомотивов и тех, которые известны как "ослиные двигатели" и используются на кранах, оснащены каким-либо устройством для поддержания постоянной скорости вращения кривошипа в очень узких пределах. Возможно, вы видели пару шариков, вращающихся на подставке над котлом молотилки. Они образуют часть "регулятора", или регулятора скорости, показанного в принципе на рис. 33. Ремень, приводимый в движение шкивом на коленчатом валу, вращает небольшой шкив Р у основания регулятора. Это передает движение через два конических колеса G на вертикальный вал, с верхней части которого свисают два тяжелых шара на звеньях K K. Еще двумя звеньями, L L, соедините шарики с помощью гири W, вокруг которой внизу вырезана глубокая канавка. Когда вал вращается, шарики вылетают наружу под действием центробежной силы, и по мере увеличения их скорости четырехугольная фигура, заключенная в четырех звеньях, расширяется в боковом направлении и укорачивается в вертикальном. Углы между K K и L L становятся все менее и менее тупыми, и груз W перемещается вверх, увлекая за собой вилку C стержня A, концы которой входят в зацепление с канавкой. Когда C поднимается, другой конец стержня опускается, и стержень В нажимает на стержень O, который прикреплен к шпинделю, приводящему в действие своего рода заслонку в паровой трубе. Следовательно, подача пара регулируется все больше и больше по мере увеличения скорости, пока она не будет уменьшена настолько, что двигатель замедлится, и шарики упадут, снова открывая клапан. На рис. 34 показан полностью закрытый клапан. Регулятор такой формы был изобретен Джеймсом Уаттом. Вместо груза часто используется пружина, а регулятор расположен горизонтально, так что его можно приводить в действие непосредственно от коленчатого вала без вмешательства конической передачи.

Рис. 34.

Регулятор Хартуэлла использует движение звена. Здесь вы должны представить шарики, поднимающие и опускающие *свободный конец* штока клапана, который несет блок, перемещающийся в звене, соединенном с эксцентриковым штоком. Звено поворачивается на верхнем конце, а эксцентриковый стержень прикреплен к нижнему. Когда двигатель

находится в состоянии покоя, конец штока клапана и его блок опускаются до тех пор, пока не окажутся на одной линии с эксцентриковым штоком; но когда механизм начинает работать, блок постепенно поднимается регулятором, уменьшая движение клапана и, таким образом, сокращая период поступления пара в цилиндр.

Регуляторы имеют особое значение там, где *нагрузка* двигателя постоянно меняется, как в случае с лесопилкой. Хороший регулятор ограничивает изменение частоты вращения в пределах двух процентов. — то есть, если двигатель настроен на 100 оборотов в минуту, он не позволит ему превысить 101 или упасть ниже 99. В *двигателях с очень* высокими оборотами регулировка предотвращает отклонение менее чем на один процент, даже когда нагрузка в один момент включена полностью, а в следующий полностью отключена.

МОРСКИЕ ГУБЕРНАТОРЫ.

Они должны быть более быстродействующими, чем те, которые используются на двигателях, оснащенных маховиками, которые предотвращают очень резкие изменения скорости. Винт легкий пропорционально мощности двигателя, и когда он внезапно поднимается из воды из-за качки судна, двигатель будет работать до тех пор, пока винт снова не погрузится в воду, если не будет предусмотрен какой-либо регулирующий механизм. Было опробовано множество типов судовых регуляторов. Наиболее успешным, по-видимому, является тот, в котором вода постоянно нагнетается насосом, приводимым от вала двигателя, в цилиндр, управляющий дроссельным клапаном в главном паропроводе. Вода выходит через утечку, которая регулируется. Пока частота вращения двигателя нормальная, вода вытекает из цилиндра так же быстро, как и закачивается внутрь, и никакого движения поршня не происходит; но когда винт начинает вращаться, насос устраняет утечку, и поршень выталкивается, что приводит к дросселированию подачи пара.

КОНДЕНСАТОРЫ.

The *Конденсатор* служит двум целям: — (1) Он позволяет снова и снова использовать одну и ту же воду в котлах. На море, где пресная вода недоступна в больших количествах, это вопрос первостепенной важности. (2) Это увеличивает мощность составного двигателя за счет обратного усилия поршня цилиндра низкого давления во время выпуска пара.

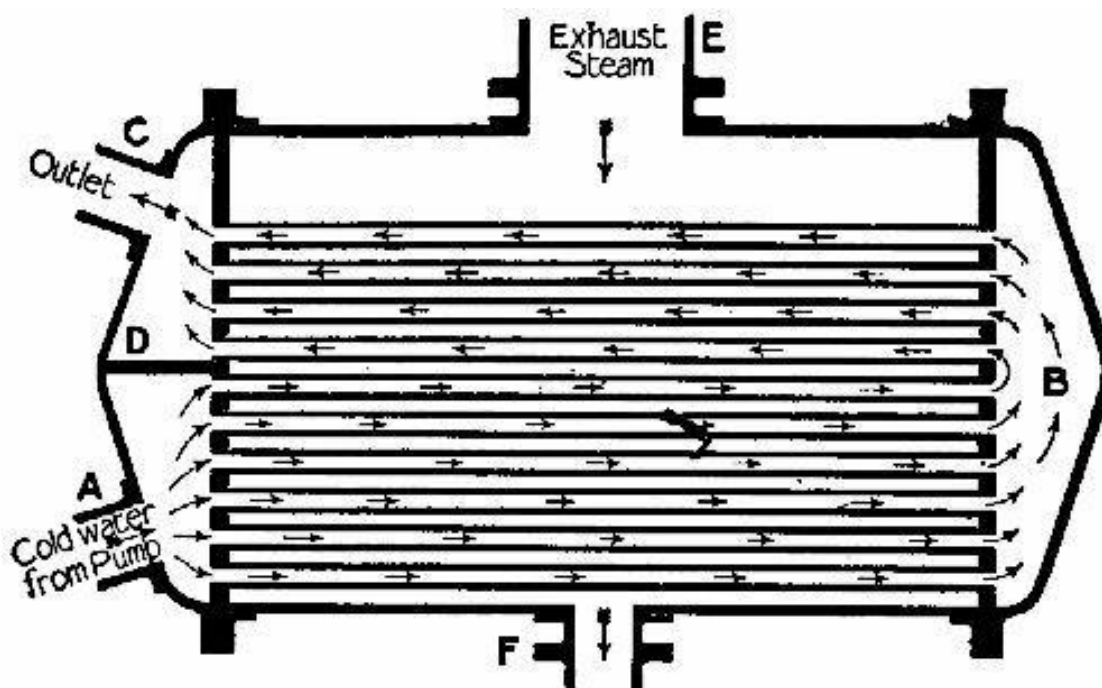


Рис. 35—

Морской конденсатор.

На рис. 35 показан морской конденсатор в разрезе. Пар поступает в конденсатор через большую трубу E и проходит по ряду очень тонких медных трубок, по которым морская вода циркулирует с помощью насоса. Путь движения воды показан стрелками без перьев. Он поступает из насоса по трубе A в нижнюю часть большого колпака, закрывающего один конец конденсатора и разделенного поперечно диафрагмой D. Проходя по трубам, он достигает колпака, прикрепленного к другому концу, и течет обратно по верхним трубам к выпускному отверстию C. Такое расположение гарантирует, что по мере конденсации пар будет попадать во все более и более холодные трубы и, наконец, превратится в воду, которая поступает в скважину через выпускное отверстие F. В некоторых конденсаторах положения пара и воды меняются местами, пар проходит по трубам, снаружи которых циркулирует холодная вода.

[3] Также называется *портами*.

[4] Отверстия цилиндров расположены в пропорции 4: 6: 9. Ход поршня у всех трех одинаков.

[5] Концы, наиболее удаленные от эксцентрика.

[6] "Локомотив наших дней", стр. 87.

Глава III.

ПАРОВАЯ ТУРБИНА.

Принцип работы турбины—Турбина Де Лавалья—Турбина Парсонса—Описание турбины Парсонса—Расширяющее действие пара в турбине Парсонса—Балансировка тяги—Преимущества морской турбины.

Более двух тысяч лет назад Герой Александрии изготовил первое устройство, которому по праву можно было присвоить название паровой машины. Его принцип был практически таким же, как у вращающейся струи, используемой для полива газонов в сухую погоду, при этом вместо воды использовался пар. Из верхней части закрытого котла поднимались две вертикальные трубы, которые на своих верхних концах имели короткие изгибы под прямым углом. Между ними висел полый глобус, вращавшийся на двух коротких трубках, выступающих с его боков в вертикальные трубки. Две маленькие Г-образные трубы выступали с противоположных сторон земного шара, на концах определенного диаметра, в плоскости, перпендикулярной оси. При поднесении огня к котлу образовывался пар. Он проходил вверх через стойку, через шарниры и попадал в шар, из которого выходил через два Г-образных сопла, вызывая быстрое вращение шара. Короче говоря, первой паровой машиной была турбина. Достаточно любопытно, что мы вернулись к этому примитивному типу (естественно, научно разработанному) в самой современной инженерной практике.

КАК РАБОТАЕТ ТУРБИНА.

В двигателях с возвратно—поступательным движением, то есть цилиндрических двигателях, пар поступает в камеру, и дверь за ним как бы закрывается. Пытаясь расшириться, он выталкивает одну из ограничивающих стенок, то есть поршень, и вскоре дверь снова открывается, позволяя ему выйти, когда он выполнит свою работу. В Hero's toy использовалось воздействие выделяющихся молекул на другие молекулы, которые уже вышли из труб. Можно сравнить реакцию с той, которую оказывает брошенный камень на метателя. Если бросающий стоит на коньках, реакция камня заставит его заскользить назад, точно так же, как если бы он оттолкнулся от какого-то неподвижного объекта. В случае *реакции*, а именно турбины типа Hero, сопло, из которого выходит пар или вода, движется вместе с телами, к которым оно может быть прикреплено. В *действующих* турбинах пар подается через неподвижные сопла или паропроводы, и импульс пара передается на поверхности подвижных тел, соединенных с валом.

ТУРБИНА ДЕ ЛАВАЛЯ.

В своей самой ранней форме эта турбина была модификацией Hero's. Колесо представляло собой просто трубу, изогнутую в форме буквы S, прикрепленную в центре к полуму вертикальному валу, снабжаемому паром через сальниковую коробку на одном конце. Пар выдувался по касательной с концов S, заставляя вал быстро вращаться и приводить в действие установленное на нем оборудование (обычно сливкоотделитель). Этот двигатель оказался очень подходящим для работы на молочной фабрике, но был слишком расточителен по расходу пара, чтобы его можно было использовать там, где требовалась высокая мощность.

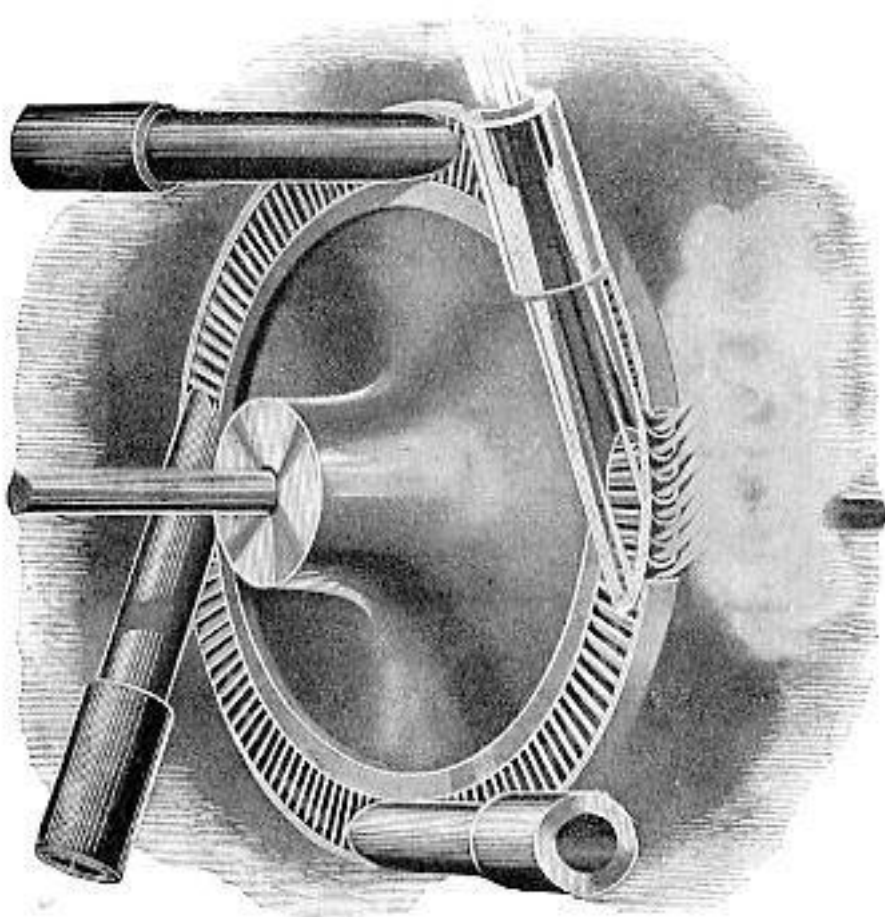


Рис. 36. Колесо и сопла турбины Де Лавалья.

В турбине Де Лавалья в том виде, в каком она сконструирована в настоящее время, пар подается из стационарных форсунок на лопасти, установленные на вращающемся колесе. На рис. 36 показаны форсунки и колесо турбины. Колесо выполнено в виде цельного диска, по окружности которого лопасти закреплены отдельно в один ряд. Каждая лопасть имеет изогнутое сечение, вогнутой стороной направленное к соплам, которые, как будет видно из "прозрачного" образца справа от нашей иллюстрации, постепенно расширяются к устью. Это делается для того, чтобы обеспечить расширение пара и, как следствие, увеличение скорости. При этом каждая молекула ударяется о вогнутую поверхность лопасти и, меняя свое направление, лишается своей кинетической энергии, которая передается колесу. Если еще раз обратиться к сравнению с бросанием камней, то это похоже на то, как если бы мальчик забрасывал колесо огромным количеством крошечных камешков. Итак, пар под высоким давлением движется действительно очень быстро. Чтобы привести цифры, если он входит в узкий конец сопла Де Лавалья со скоростью 200 фунтов. на квадратный дюйм, он вылетит из большого конца со скоростью 48 миль в *минуту* — то есть со скоростью, которая позволила бы ему обогнуть весь мир за 8 с половиной часов! Само колесо вращалось бы не более чем на треть от этой максимальной скорости.^[7] Но даже в этом случае он может совершать до 30 000 оборотов в минуту. Теперь мы сталкиваемся с механической трудностью, а именно с той, которая возникает из—за вибрации. Независимо от того, насколько тщательно может быть сбалансировано колесо турбины, практически невозможно добиться точного совпадения его центра тяжести с центральной точкой вала; другими словами, колесо будет немного — возможно, всего на крошечную долю унции — тяжелее с одной стороны, чем с другой. Это отсутствие достоверности вызывает вибрацию, которая при упомянутой высокой частоте вращения привела бы к разрушению валом подшипников, в которых он вращается, если бы — и в этом суть — эти подшипники находились близко к

колесу, М. де Лаваль установил колесо на вал, достаточно длинный между подшипниками, чтобы оно "хлестнуло" или немного согнулось, и трудность была преодолена.

Нормальная частота вращения турбинного колеса слишком высока для прямого привода некоторых машин, поэтому ее снижают с помощью зубчатого зацепления. К динамо-машинам, насосам и вентиляторам он часто подключается напрямую.

ТУРБИНА ПАРСОНСА.

На большом военно-морском смотре, проведенном в 1897 году в честь бриллиантового юбилея королевы Виктории, одной из самых примечательных достопримечательностей была маленькая *Turbinia* грузоподъемностью 44 с половиной тонны, которая носилась среди плавучих фортов со скоростью, намного превосходящей скорость самого быстрого "эсминца". Внутри юркого суденышка находились двигатели, развивающие 2000 лошадиных сил, без какого-либо лязга и вибрации, которые обычно царят в машинном отделении быстроходного судна. *Turbinia* была первой лодкой с турбинным приводом, и как таковая, даже несмотря на ее необычайную скорость, она привлекала большое внимание. С 1897 года турбина Парсонса была установлена на многих кораблях, в том числе на нескольких военных кораблях, и представляется вероятным, что недалеко то время, когда от поршневых двигателей откажутся на всех высокоскоростных судах.

ОПИСАНИЕ ТУРБИНЫ ПАРСОНСА.

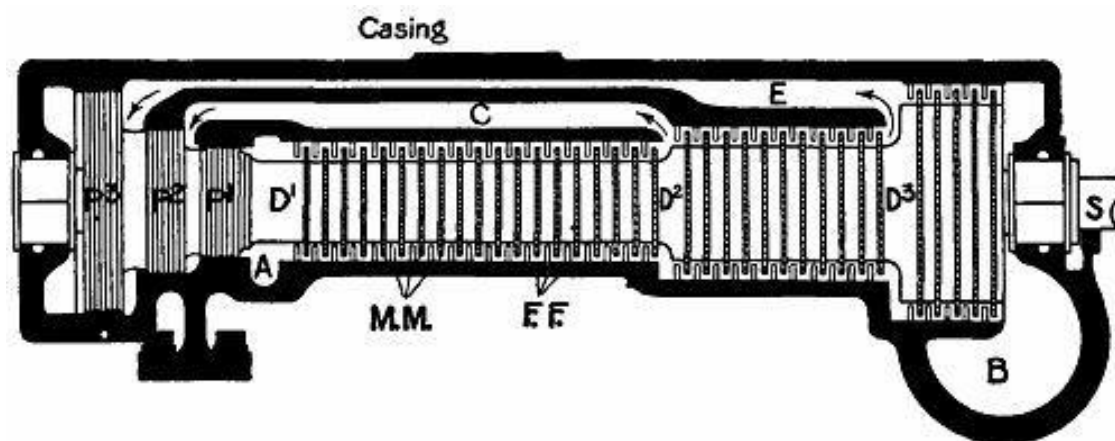


Рис. 37.Секция

турбины Парсонса.

Основными частями турбины Parsons являются: (1) вал, на котором установлен (2) барабан; (3) цилиндрический корпус, внутри которого вращается барабан; (4) лопасти на барабане и корпусе; (5) балансирные поршни. На рис. 37 показана схема турбины в разрезе. Следует заметить, что барабан увеличивает свой диаметр в три этапа: D^1 , D^2 , D^3 в направлении вправо. От края до края он усеян маленькими лопастями, расположенными в виде параллельных колец на небольшом расстоянии друг от друга. Каждая лопасть имеет изогнутую секцию (см. рис. 38), полый стороной обращенную влево. Лопасти торчат из барабана, как короткие спицы, и их внешние концы почти соприкасаются с корпусом. К последнему прикреплены равномерно расположенные кольца неподвижных лопаток Ff, направленные внутрь, в сторону барабана, и занимающие промежутки между кольцами подвижных лопаток. Их вогнутые стороны также обращены влево, но, как видно на рис. 38, их линия изгиба лежит в направлении, обратном направлению изгиба ММ. Пар поступает в кожух в точке А и сразу устремляется через лопасти к выпускному отверстию в точке В. Он встречается с первым рядом неподвижных лопастей, и его траектория отклоняется таким образом, что он ударяется о кольцо подвижных (или барабанных) лопастей под наиболее эффективным углом

и вращает их. Затем его направление изменяется кольцом F F, так что он может аналогичным образом обработать следующий ряд М М.

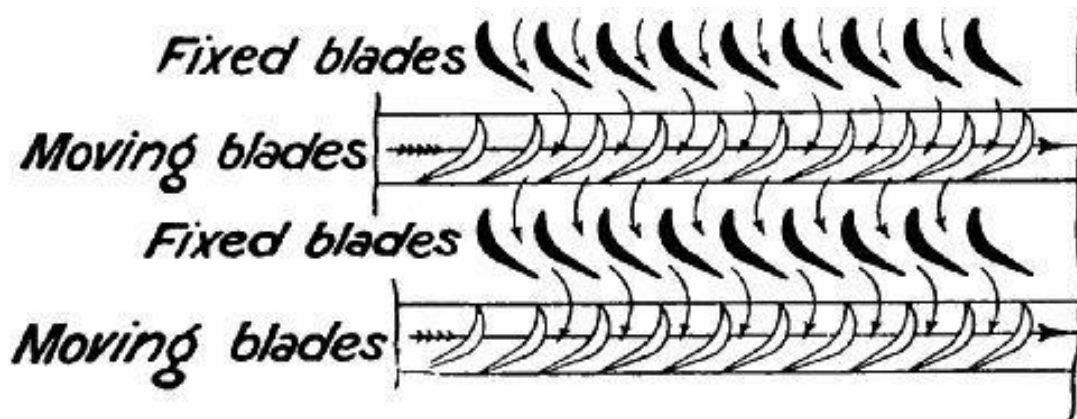
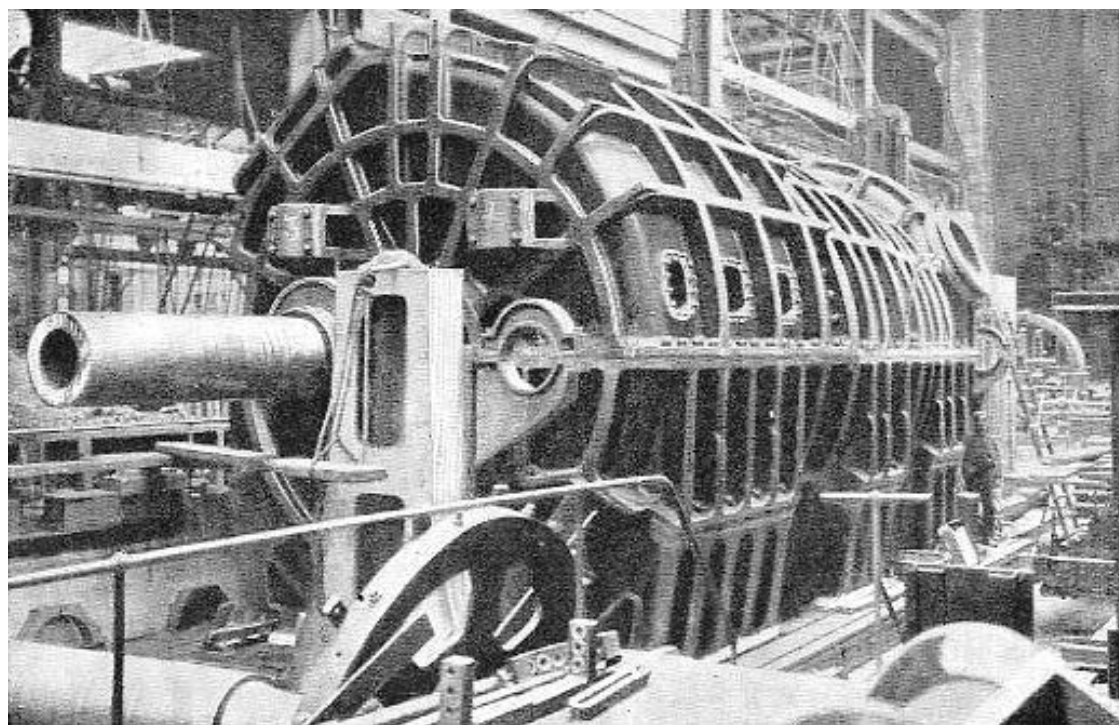


Рис.

38.Лопатки турбины Парсонса.



Одна из турбин низкого давления "Кармании", в кожухе. О его размерах можно будет судить по сравнению с человеком, стоящим у края корпуса.

РАСШИРЯЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПАРА В ТУРБИНЕ.

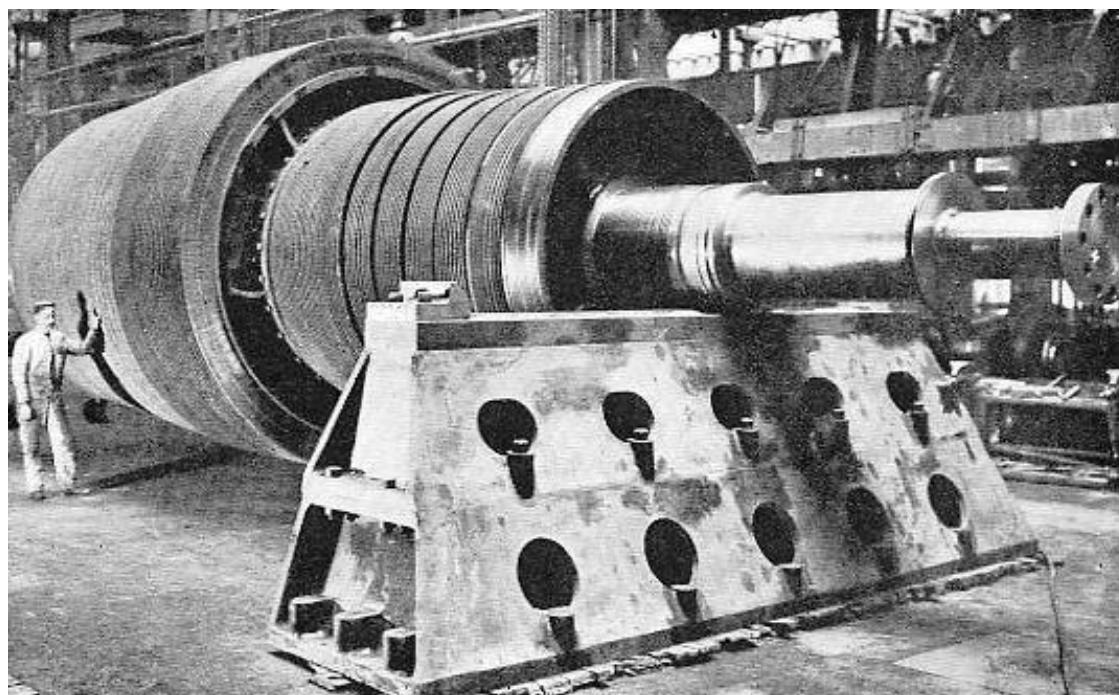
По достижении конца D^1 он попадает во второй, или промежуточный, набор лопастей. Барабан здесь большего диаметра, а лопасти длиннее и расположены несколько дальше друг от друга, чтобы обеспечить более свободный проход теперь уже частично расширенному пару, который потерял давление, но набрал скорость. Процесс перемещения повторяется на этом этапе; и снова на D^3 , барабане низкого давления. Затем пар выходит в конденсатор через В, к этому времени он расширился во много раз; и по причинам,

объясненным в связи со сложными паровыми двигателями, было сочтено целесообразным иметь отдельную турбину в независимом корпусе для крайних стадий расширения.

Лопастей изготовлены из латуни. В турбинах *Carmania*, огромного лайнера Cunard liner, используется 1 115 000 лопастей. Наибольший диаметр барабанов составляет 11 футов, а каждая турбина низкого давления весит 350 тонн.

БАЛАНСИРОВКА ТЯГИ.

Давление, оказываемое паром на лопасти, не только поворачивает барабан, но и прижимает его в направлении потока пара. Это конечное усилие уравнивается с помощью "фиктивных" поршней P^1 , P^2 , P^3 . Каждый фиктивный поршень состоит из нескольких дисков, вращающихся между кольцами, выступающими из корпуса, причем расстояние между дисками и кольцами настолько мало, что может проходить лишь небольшое количество пара. В камере высокого давления пар выталкивает P^1 влево с таким же давлением, с каким он выталкивает лопасти D^1 вправо. После завершения первой стадии он заполняет канал C , который сообщается со вторым поршнем, P^2 , и давление на этот поршень уменьшает тягу на D^2 . Аналогично, канал E заставляет пар равномерно давить на P^3 и лопасти D^3 . Так что подшипники, в которых вращается вал, воспринимают лишь небольшую тягу. Эта форма компенсации необходима как в морских, так и в стационарных турбинах. В первом случае фиктивные поршни имеют такие пропорции, что тяга вперед, создаваемая ими и винтом вместе взятыми, почти равна тяге в задней части подвижных лопастей.



Один из

барабанов турбины *Carmania*. Обратите внимание на ряды лопастей. Здесь барабан проверяется на идеальную балансировку на двух абсолютно ровных опорах.

ПРЕИМУЩЕСТВА СУДОВОЙ ТУРБИНЫ.

(1.) Отсутствие вибрации. Поршневые двигатели, какими бы хорошо сбалансированными они ни были, вызывают тряску всего судна, что очень неприятно для пассажиров. Турбина, с

другой стороны, будучи почти идеально сбалансированной, работает настолько плавно на самых высоких оборотах, что, если положить руку на покрытие, иногда почти невозможно определить, находится ли механизм в движении. В результате такой плавной работы в моторном отделе почти не слышно шума — приятный контраст с оглушительным ревом поршневых двигателей. (2.) Турбины занимают меньше места. (3.) За ними легче ухаживать. (4.) Они требуют меньшего количества ремонтных работ, поскольку трущиеся поверхности очень малы по сравнению с поверхностями поршневых двигателей. (5.) Они более экономичны на высоких оборотах. Следует помнить, что турбина, по сути, предназначена для высоких оборотов. Если работать медленно, пар будет выходить через множество проходов, не производя особой работы.

Благодаря своей конструкции турбина не может быть обращена вспять, как цилиндрический двигатель. Поэтому возникает необходимость установки специальных кормовых турбин на одном или нескольких валах винтов для использования, когда судно приходится останавливать или перемещать за корму. В обычных условиях эти турбины вращаются в своих корпусах вхолостую.

Самой высокой скоростью, когда-либо достигнутой на море, были сорок две мили в час у несчастного "*Вайпера*", турбинного эсминца, который развивал 11 500 лошадиных сил, хотя водоизмещение его составляло всего 370 тонн. Эта скорость будет выгодно отличаться от скорости многих экспрессов на определенных железных дорогах, которые мы могли бы назвать. В будущем лайнеры с турбинным приводом, несомненно, будут развивать скорость тридцать миль в час.

[7] Даже при такой скорости окружная скорость колеса составляет две трети окружной скорости пули, выпущенной из винтовки Ли-Метфорда. Лопастей всего 250 зерен (около ½ унции) создает в этих условиях центробежное усилие в 15 кВт. ч. на колесо!

Глава IV.

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.

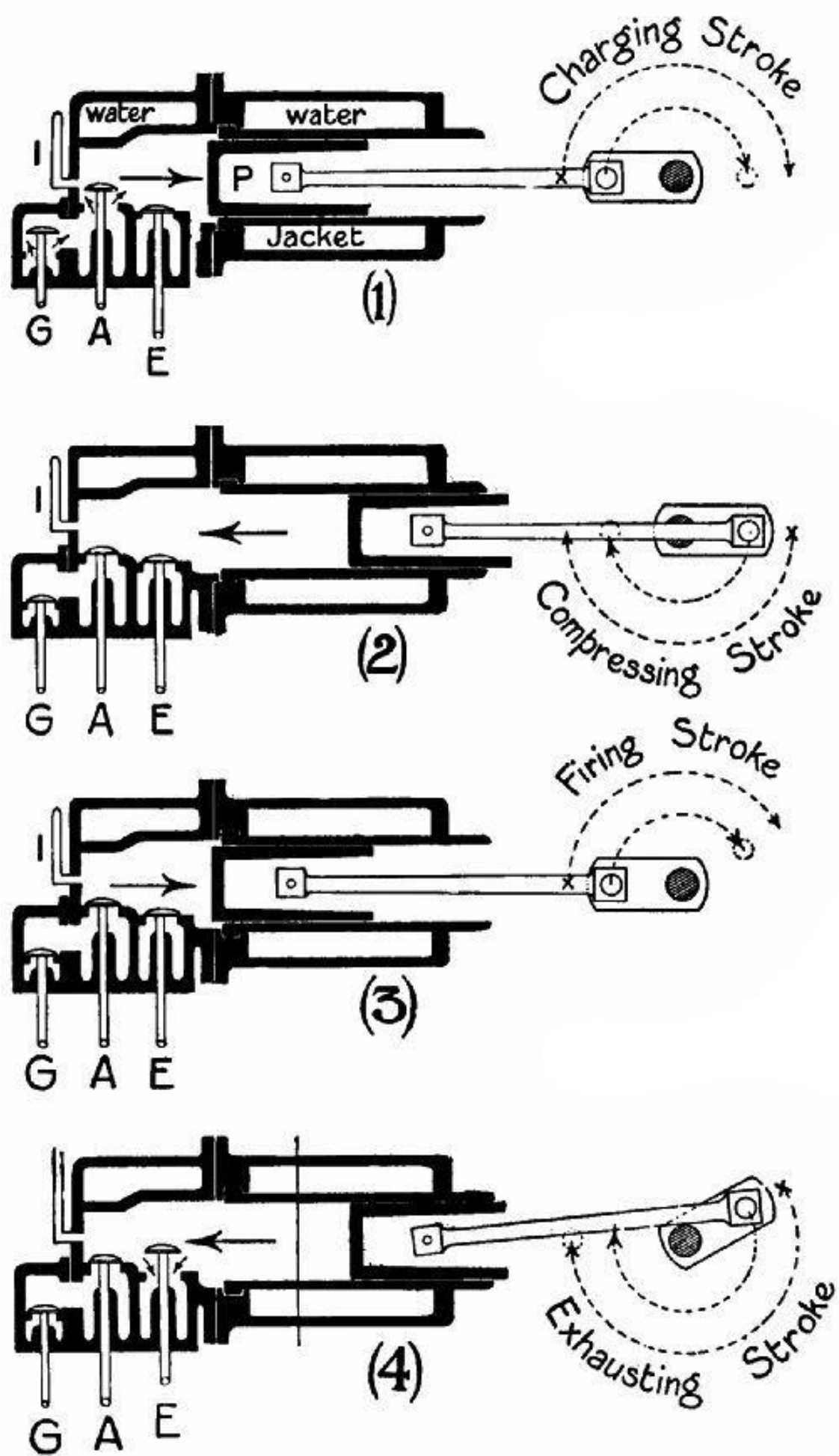
Значение термина—Действие двигателя внутреннего сгорания—Мотор автомобиля—Пусковая рукоятка—Двигатель—Карбюратор—Воспламенение заряда—Продвижение искры—Управление двигателем—Сцепление—Коробка передач—Компенсированный механизм—Глушитель—Тормоза—Скорость автомобилей.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕРМИНА "ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ".

В случае парового котла энергия сгорания передается воде внутри герметичного резервуара. Топливо фактически не соприкасается с "рабочей жидкостью". В газовом или масляном двигателе топливо вступает в контакт и смешивается с рабочей жидкостью, которой является воздух. Оно внезапно соединяется с ней в цилиндре, и тепловая энергия выделяется так быстро, что это называется взрывом. Каменноугольный газ, минеральные масла, спирт, бензин и т.д. Содержат водород и углерод. Если к любому из них добавить воздух, который вносит кислород, в должной пропорции, смесь становится очень взрывоопасной. При подаче света кислород и углерод соединяются, а также водород и кислород, и выделяется сильное тепло, вызывающее сильную молекулярную бомбардировку стенок сосуда, содержащего смесь. Теперь, если смесь *сжать*, она становится все горячее и горячее, пока

не будет достигнута точка, при которой она самопроизвольно воспламенится. Ранние газовые двигатели не сжимали заряд перед воспламенением. Француз Альфонс Бо де Роша первым додумался до того, чтобы заставить поршень двигателя сжимать смесь перед зажиганием; и с 1862 года, когда он предложил это нововведение, можно говорить об успехе двигателя внутреннего сгорания по сей день.





Показаны четыре хода поршня газового двигателя за один "цикл".

ДЕЙСТВИЕ ДВИГАТЕЛЯ.

Газовый двигатель, масляный двигатель и автомобильный двигатель схожи по общим принципам. Цилиндр имеет вместо золотникового клапана два, а иногда и три "грибовидных" клапана, которые можно описать как маленькие и толстые круглые пластины со скошенными краями, установленные на концах коротких стержней, называемых штоками. Эти клапаны открываются внутрь цилиндра вверх, вниз или горизонтально, в зависимости от обстоятельств; их толкают внутрь кулачки, выступающие из вала, вращаемого двигателем. В настоящее время мы ограничим наше внимание серией операций, которые приводят к работе двигателя. Эта серия называется циклом Beau de Rochas, или Отто, и включает в себя четыре движения поршня. Ссылка на рис. 39 точно покажет, что происходит в газовом двигателе — (1) Поршень движется слева направо, и как только начинается движение, клапаны G (газ) и A (воздух) открываются, впуская взрывоопасную смесь. К тому времени, когда P достигнет конца своего хода, эти клапаны снова закроются. (2) Поршень возвращается влево, сжимая смесь, для которой нет выхода наружу. В конце хода заряд воспламеняется от лампы накаливания I (в автомобильных и некоторых стационарных двигателях от электрической искры), и (3) поршень снова вылетает на такте "взрыва". Прежде чем он достигнет предельного положения, клапан E (выпускной) открывается, и (4) поршень отлетает назад под действием импульса маховика, вытесняя сгоревшие газы через все еще открытое отверстие E. Теперь "цикл" завершен. Произошли всасывание, сжатие (включая воспламенение), сгорание и истощение. Очевидно, что к коленчатому валу должен быть прикреплен тяжелый маховик, потому что энергии одного удара (взрыва) должно хватить на весь цикл; другими словами, на два полных оборота коленчатого вала. Одноцилиндровая паровая машина вырабатывает импульс каждые пол-оборота, то есть в четыре раза чаще. Чтобы добиться более постоянного эффекта поворота, автомобили имеют два, три, четыре, шесть и даже восемь цилиндров. Четырехцилиндровые двигатели в настоящее время являются самым популярным типом для мощных автомобилей.

АВТОМОБИЛЬ.

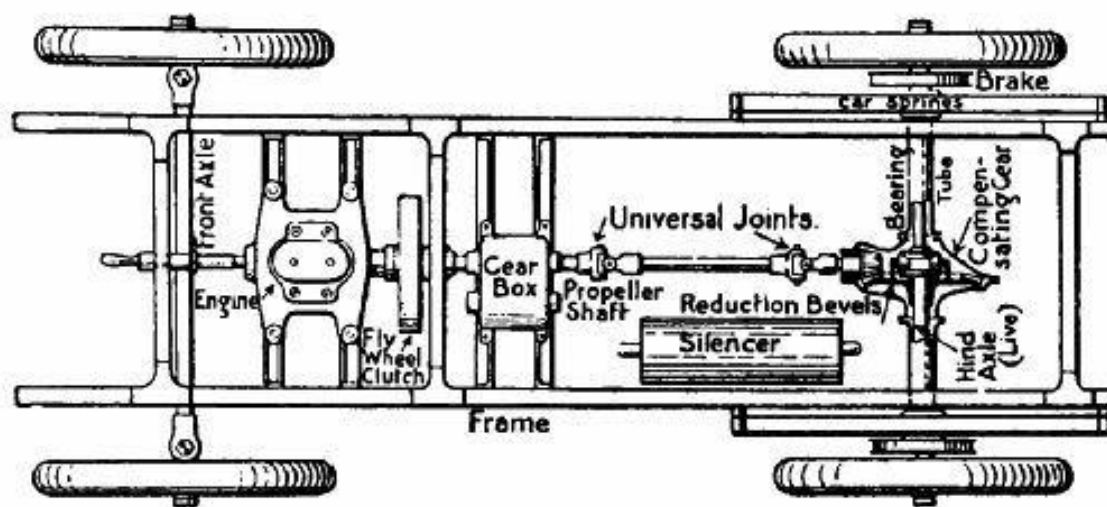


Рис. 40.Схема

шасси легкового автомобиля.

Теперь мы перейдем к рассмотрению автомобиля, который, помимо механического устройства для передачи движения ведущим колесам, включает в себя все основные

компоненты двигателя внутреннего сгорания.[8] На рис. 40 изображено the *шасси* (или "узлы" и колеса) автомобиля с высоты птичьего полета, с которого снят кузов. Начиная с левой стороны, у нас есть ручка для приведения двигателя в движение; двигатель (в данном случае двухцилиндровый); маховик, внутри которого находится сцепление; коробка передач, содержащая шестеренки для изменения скорости вращения ведущих колес относительно скорости вращения двигателя; карданный вал; глушитель для приглушения шума выхлопных газов; и коническая шестерня для поворота ведущих колес. В рассматриваемом здесь конкретном типе автомобиля вы заметите, что используется "прямой", или валовой, привод. Вал имеет на каждом конце гибкое, или "универсальное" соединение, которое позволяет валу свободно вращаться, даже если он может находиться не на одной линии с валом, выступающим из коробки передач. Следует помнить, что двигатель и коробка передач установлены на раме, между которой и осями установлены пружины, так что, когда автомобиль подпрыгивает вверх-вниз, вал описывает часть окружности, центром которой является конец коробки передач.

Альтернативный метод привода - это использование цепей, которые вращают круглые звездочки на концах вала, проходящего через раму сразу за коробкой передач, и круглые звездочки большего размера, прикрепленные к ступицам ведущих колес. В таком случае оси ведущего колеса закреплены на пружинах, и колеса вращаются вокруг них. Там, где используется карданный привод, оси жестко прикреплены к колесам с одного конца и проходят через трубки, прикрепленные к пружинам, к коническим колесам в центральной коробке компенсирующих передач (о которой подробнее в настоящее время).

Некоторые детали — карбюратор, баки, регулятор и насос - не показаны на общем плане. Они будут упомянуты в более подробном отчете, который последует ниже.

ПУСКОВАЯ РУКОЯТКА.

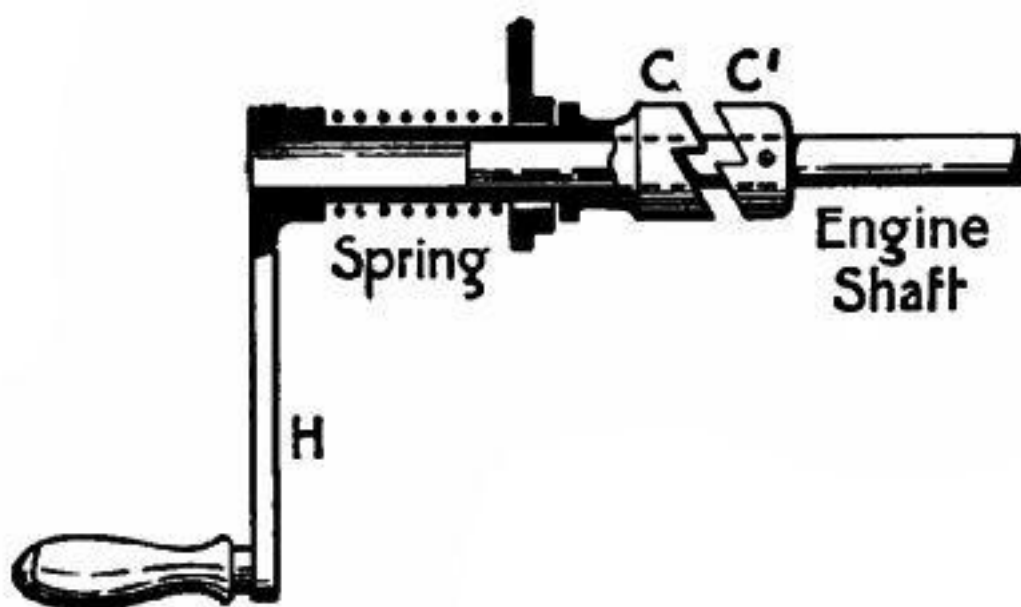


Рис. 41—

Пусковаярукоятка.

На рис. 41 показана пусковая рукоятка в сечении детали. Рукоятка H прикреплена к трубке, которая заканчивается муфтой C. Мощная пружина обычно удерживает C отдельно от второй муфты, C', соединенной шпонкой с валом двигателя. Когда водитель желает запустить двигатель, он нажимает ручку вправо, сводит сцепления вместе и поворачивает ручку по

часовой стрелке. Как только двигатель начинает заводиться, поверхности сцеплений скользят друг по другу.

ДВИГАТЕЛЬ.

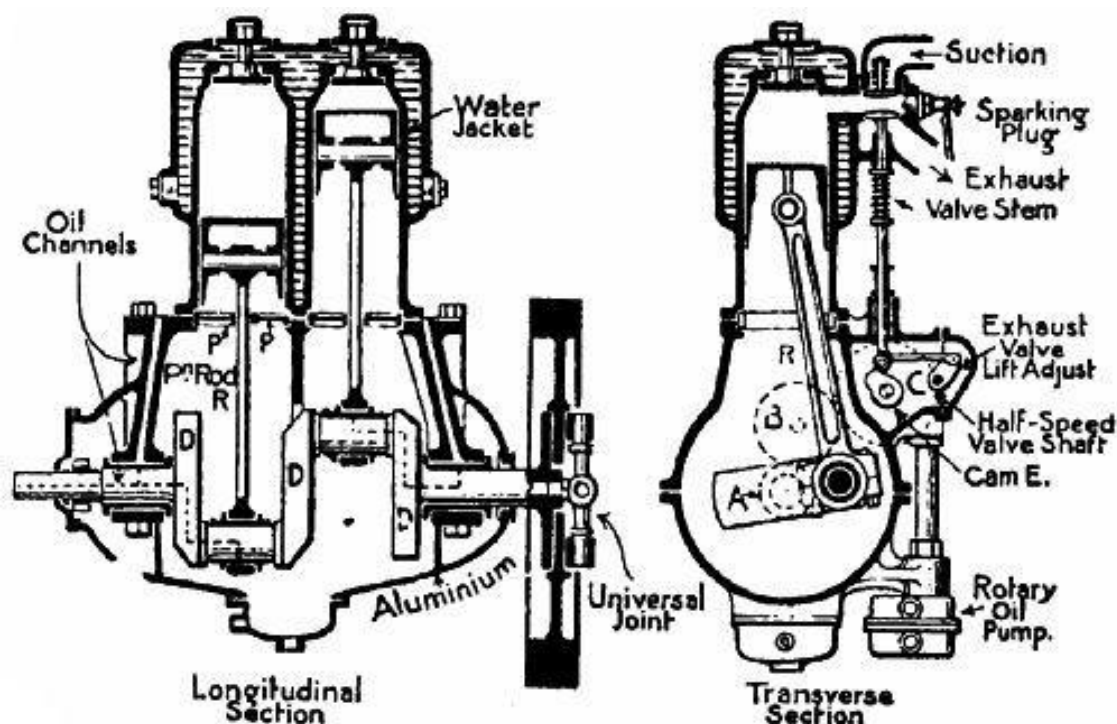


Рис. 42.

Торцевая часть и поперечные сечения двухцилиндрового двигателя.

Далее мы рассмотрим двухцилиндровый двигатель (рис. 42). Каждый цилиндр окружен водяной рубашкой, по которой вода циркулирует с помощью насоса[9] (рис. 43). Тепло, выделяемое при сгорании, настолько велико, что стенки цилиндра вскоре раскались бы докрасна, если бы часть тепла не была быстро отведена. Поршни имеют форму "хобота", то есть достаточно длинные, чтобы действовать как направляющие и поглощать косую тягу поршневых штоков. Три или более поршневых кольца, расположенные в пазах (не показаны), препятствуют выходу газа за пределы поршня. Интересно отметить, что эффективность двигателя внутреннего сгорания настолько сильно зависит от хорошей посадки этих движущихся частей, что цилиндры, поршни и кольца должны быть исключительно надежными. Хорошая фирма изготовит стандартные детали, которые находятся в пределах 1/5000 дюйма от идеальной точности. Прекрасным свидетельством качества используемых материалов является также тот факт, что при надлежащем уходе двигатель, совершивший много миллионов оборотов со скоростью от 1000 до 2000 в минуту, часто не имеет заметных признаков износа. В одном конкретном тестировании двигатель работал *непрерывно в течение нескольких месяцев* в конце испытания был в абсолютно идеальном состоянии.

Кривошипы вращаются в масленепроницаемом корпусе (обычно изготовленном из алюминия) и обмакиваются в масло, которое они разбрызгивают по цилиндру, чтобы хорошо смазать поршень. Пластина P P, проходящая через прорезь, в которой работает шток поршня, предотвращает выброс избытка масла. Предусмотрены каналы для подачи масла в подшипники. Рукоятки разнесены на 180°. В то время как один поршень выталкивается взрывом, другой сжимает свой заряд перед воспламенением, так что одно действие глушит другое. Следовательно, за один оборот кривошипов происходит два взрыва, и ни одного во время следующего оборота. Если бы оба кривошипа находились на одной линии, поршни двигались бы вместе, производя один взрыв за каждый оборот.

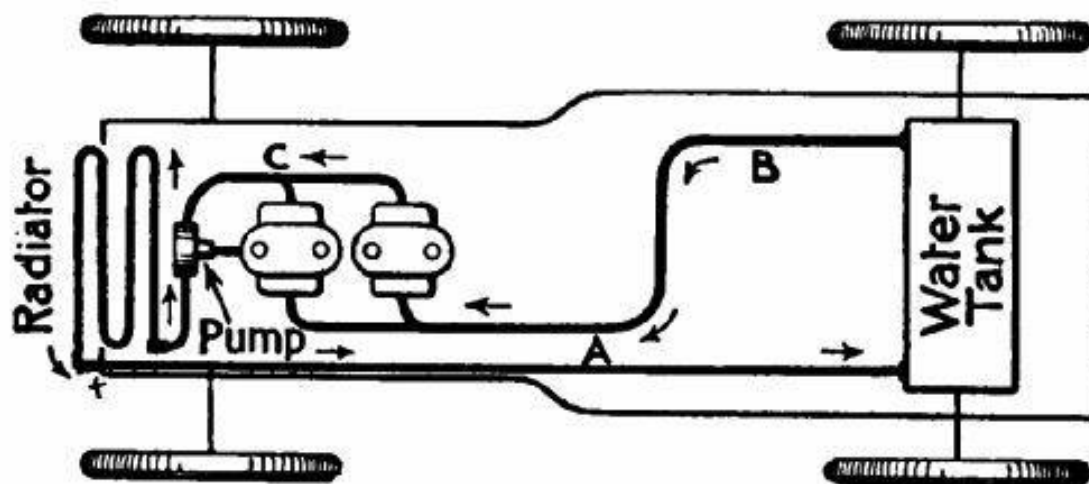


Рис. 43.—

Показано, как циркулирует вода, охлаждающая цилиндры.

Седла клапанов, а также впускной и выпускной патрубки показаны в разделе. Впускной клапан здесь работает автоматически, втягиваясь за счет всасывания; но на многих двигателях — на всех мощных двигателях - впускной клапан, как и выпускной, поднимается кулачком, чтобы он не заедал и не работал нерегулярно. Три пунктирными кругами показаны: А - зубчатая передача на коленчатом валу; Б - "лежащая" зубчатая передача, которая передает движение С, на коротком валу, вращающем кулачок, поднимающий выпускной клапан. С, имеющий в два раза больше зубьев, чем А, вращается с вдвое меньшей скоростью. Это гарантирует, что клапан будет подниматься только один раз за два оборота коленчатого вала, к которому он подключен. Шестерни рассчитаны по времени или расположены таким образом, что кулачок начинает поднимать клапан, когда поршень совершает примерно семь восьмых своего такта выпуска, и закрывает клапан в конце такта выпуска.

КАРБЮРАТОР.

Автомобиль обычно использует бензин в качестве топлива. Бензин является одним из наиболее летучих продуктов нефтепереработки и имеет удельный вес около 680, то есть, объем к объему, его вес равен весу воды в пропорции 680 к 1000. Это чрезвычайно опасно, поскольку при обычных температурах выделяется легковоспламеняющийся газ. Бензин, который мы используем для чистки одежды, практически ничем не отличается от бензина, и обращаться с ним следует с такой же осторожностью. Функция *карбюратора* заключается в измельчении бензина до очень мелкой струи и смешивании его с необходимым количеством воздуха. Устройство состоит из двух основных частей (рис. 44) — *поплавковой камеры* и *струйной камеры*. В первом находится приспособление для регулирования подачи бензина. Поплавок — пробка или герметичный металлический короб - предназначен для свободного перемещения вверх и вниз по стержню игольчатого клапана, который закрывает входное отверстие из резервуара. В нижней части камеры расположены два поворотных рычага, которые, когда поплавок опирается на них, наклоняются вверх и поднимают клапан. Бензин поступает внутрь и поднимает поплавок. Это позволяет клапану опуститься и перекрыть подачу. Если клапан хорошо подогнан и поплавок имеет правильный вес, уровень бензина никогда не поднимется выше кончика форсунки G.

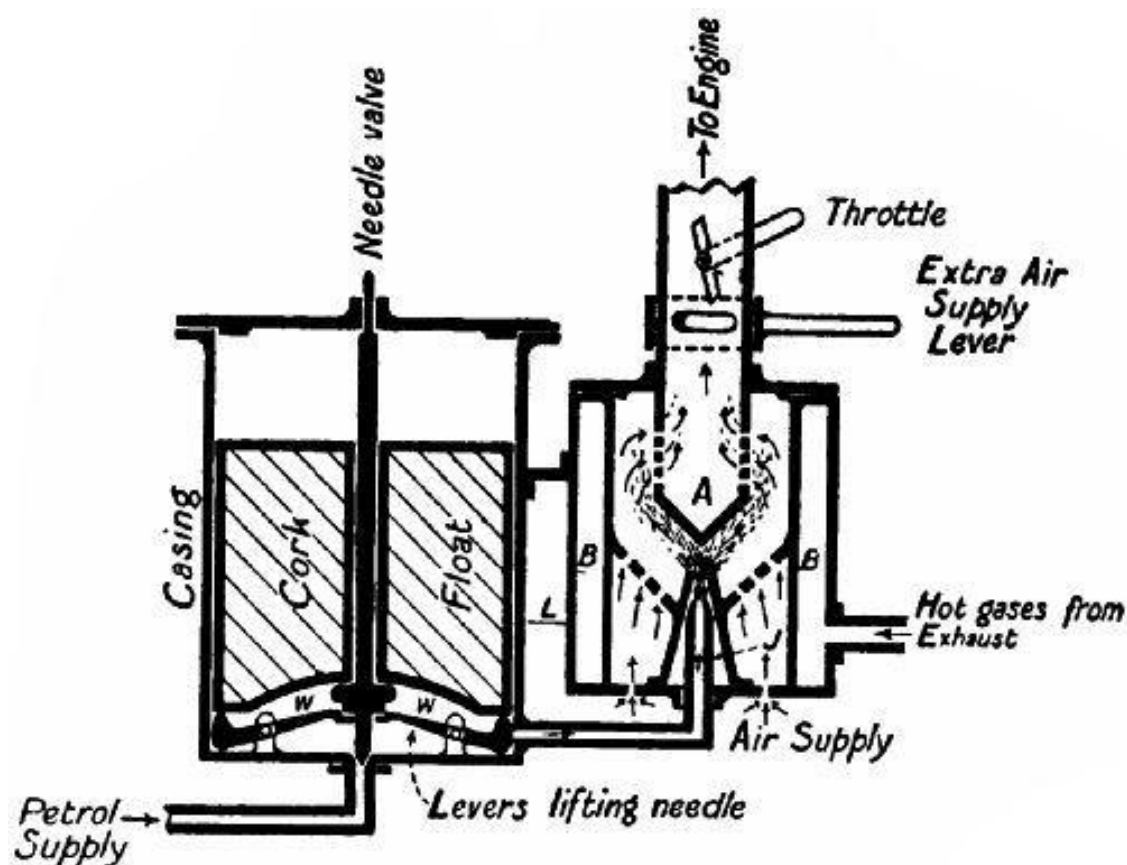


Рис. 44.Секция

карбюратора.

Всасывание двигателя приводит к тому, что бензин вытекает через форсунку (которая имеет очень маленькое отверстие на конце) и распыляется на распылительном конусе А. Затем он поступает во впускную трубу двигателя через ряд отверстий после смешивания с воздухом, поступающим снизу. Обычно добавляется дополнительный воздухозаборник, управляемый водителем, если только карбюратор не относится к типу, который автоматически поддерживает постоянное соотношение воздуха и паров. Струйная камера часто окружена кожухом, через который циркулирует часть горячих выхлопных газов. Особенно в холодную погоду это является ценным подспорьем для испарения.

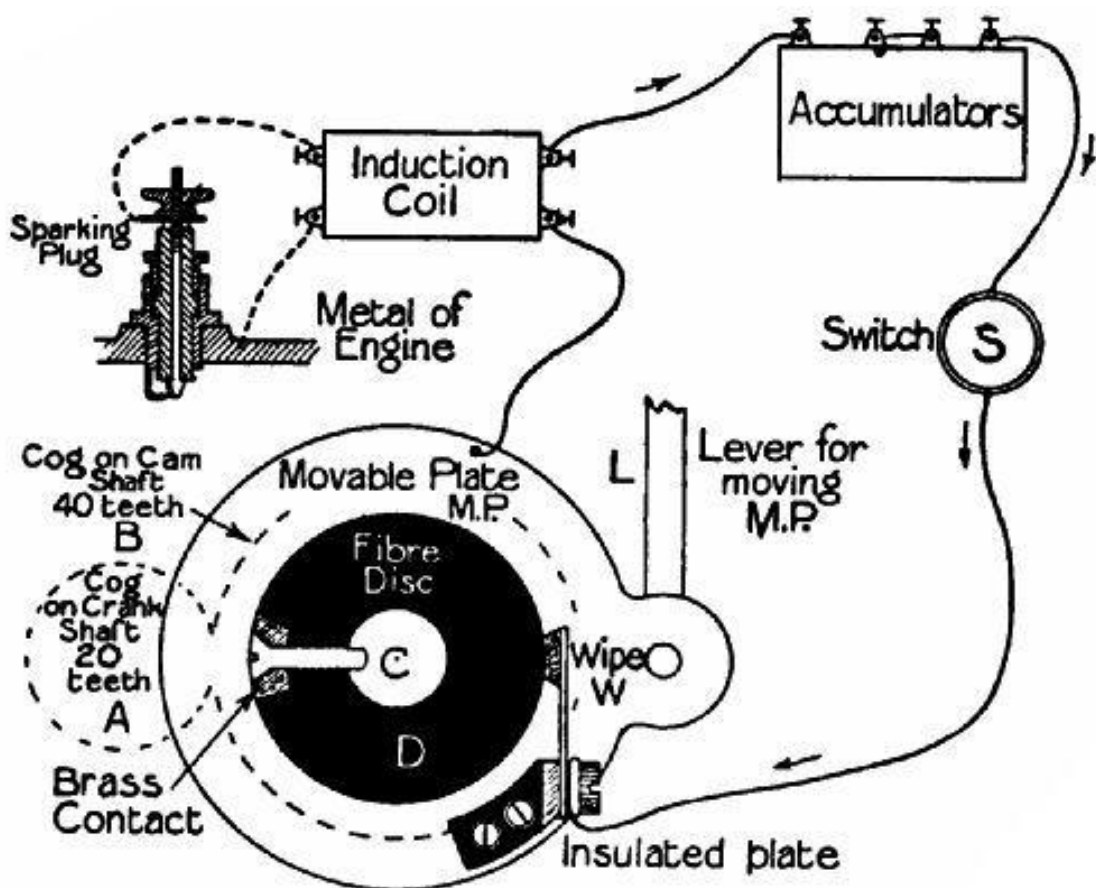


Рис. 45.Схема

устройства электрического зажигания автомобиля.

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ЗАРЯДА.

Во всех бензиновых автомобилях теперь используется электрическое зажигание. Существует две основные системы — (1) с помощью аккумулятора и индукционной катушки; (2) *зажигание от магнетос* помощью небольшой динамо-машины, приводимой в действие двигателем. Общее устройство первого показано на рис. 45. Диск D из какого—либо изоляционного материала — волокна или вулканиста - установлен на кулачковом, или полуоборотном, валу. По окружности пропущен кусок латуни, называемый контактным элементом, через который винт проходит к распределительному валу. Подвижная пластина Mr, которая может вращаться концентрически с D по части окружности, несет блок "протирки" на конце пружины, которая прижимает ее к D. Сама пружина прикреплена к изолированной пластине. Когда вращение элемента D сближает салфетку и контакт, ток течет от аккумулятора через переключатель S к салфетке; через контактную деталь к C; от C к Mr и индукционной катушке; и обратно к аккумулятору. Это *первичная цепь, или цепь низкого напряжения*. Ток высокого напряжения индуцируется катушкой во *вторичной цепи*, обозначенной пунктирными линиями.^[10] В этой цепи находится свеча зажигания (см. рис. 46), имеющая центральный изолированный стержень, соединенный с одним выводом вторичной катушки. Между ним и изогнутым проводом, выступающим из железного корпуса вилки (контактирующим с другим выводом вторичной катушки через металл двигателя, к которому присоединен один провод цепи), есть небольшой зазор, через который перепрыгивает вторичный ток, когда первичный ток отключается компанией *wipe and contact parting company*. Искра очень горячая, и ее достаточно, чтобы воспламенить сжатый заряд в цилиндре.

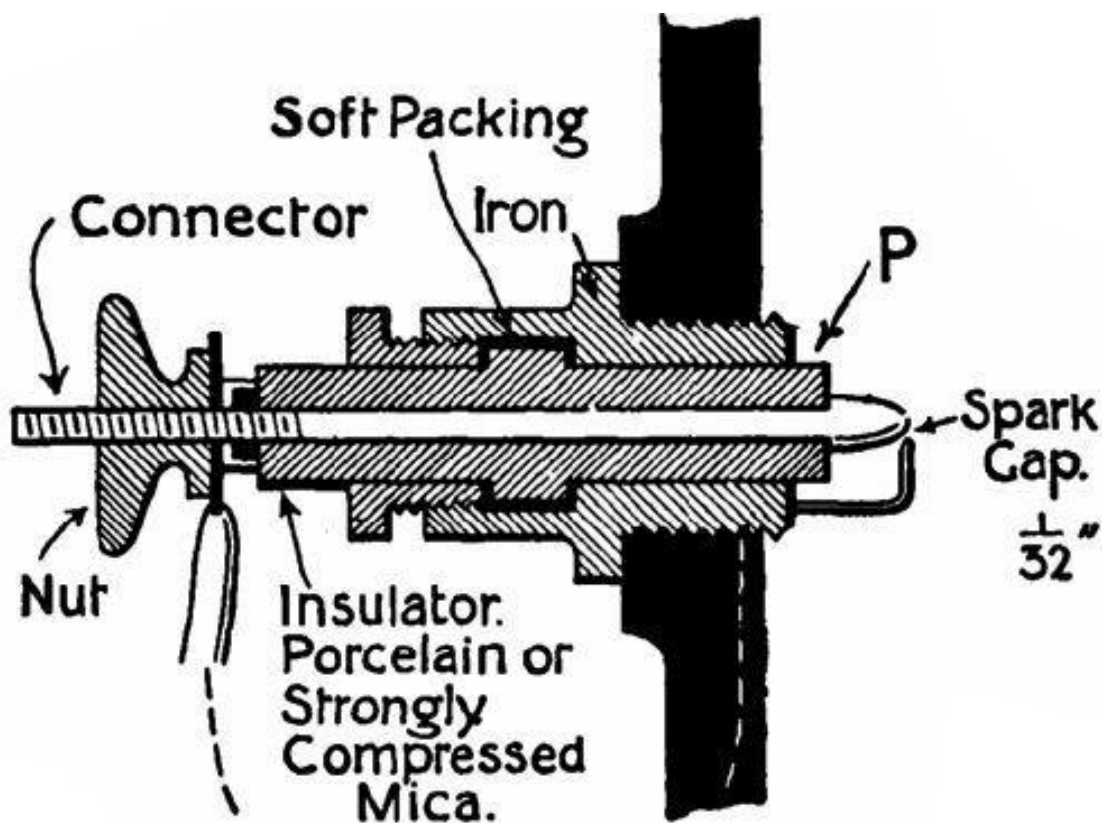


Рис.

46. Сечение свечи зажигания.

ПРОДВИГАЯ ИСКРУ.

Мы предположим, что положение *W* (на рис. 45) таково, что контакт соприкасается с *W* в тот момент, когда поршень только что завершил такт сжатия. Теперь фактическое сгорание заряда занимает значительное время, и при работе двигателя на высоких оборотах поршень должен был пройти некоторый путь вниз по цилиндру, прежде чем была достигнута полная сила взрыва. Но при поднятии рычага *L* положение *W* может быть изменено настолько, что контакт будет осуществляться слегка до завершения такта сжатия, так что заряд будет уже достаточно заряжен к тому времени, когда поршень изменит свое направление. Это называется *продвижением* искры.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ.

Существует несколько методов регулирования частоты вращения двигателей внутреннего сгорания. Приводным механизмом в большинстве случаев является центробежный шариковый регулятор. Когда скорость достигает установленного предела, он либо (1) поднимает выпускной клапан, чтобы новые заряды не поступали внутрь; (2) предотвращает открытие впускного клапана; или (3) ограничивает подачу газа. Последнее в настоящее время чаще всего используется на автомобилях в сочетании с каким-либо устройством для вывода его из строя, когда водитель желает превысить максимальную скорость, которую оно обычно допускает.

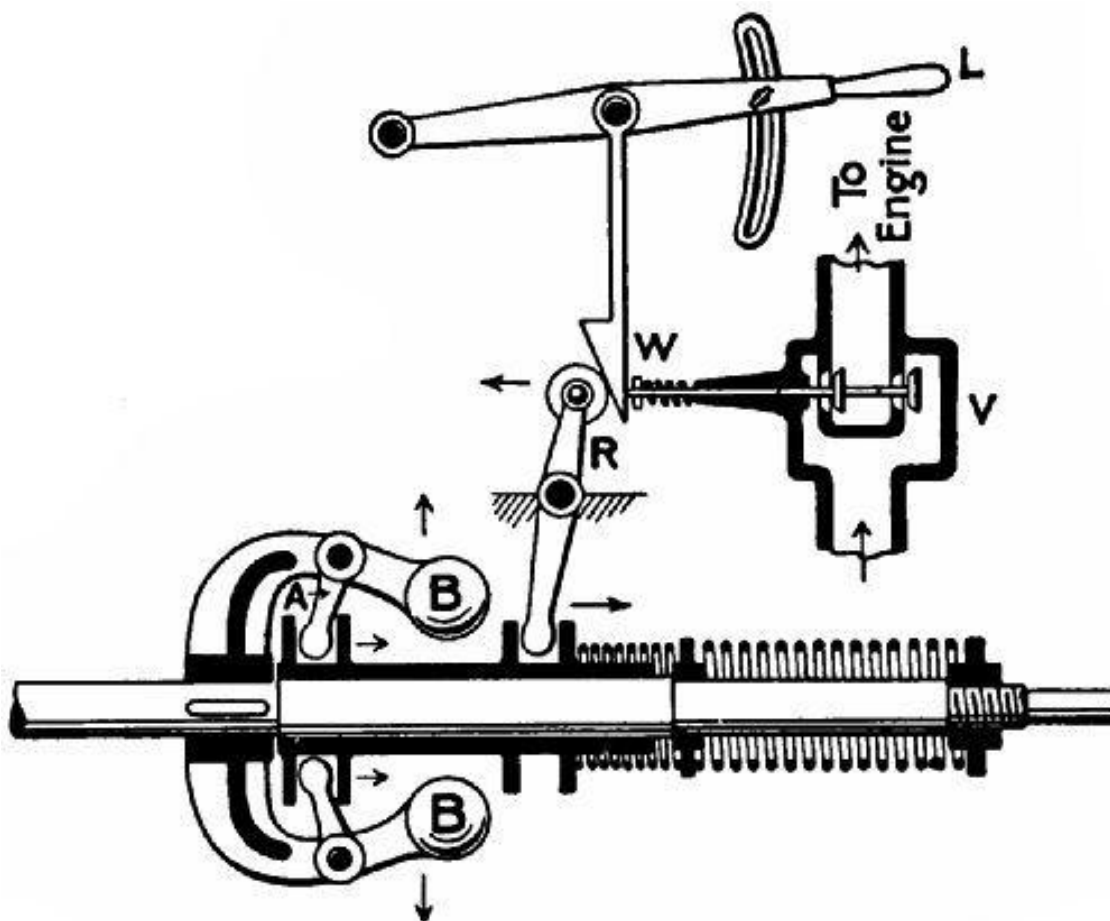


Рис. 47.— Одна

из форм регулятора, используемая на автомобилях.

Схема аккуратного регулятора с регулирующей насадкой приведена на рис. 47. Вал регулятора приводится в движение от двигателя. Когда шарики, Bb, увеличивают свою скорость, они отлетают от стержня и перемещают рычаги, Aa, и скользящую трубку, C, вправо. Это поворачивает рычаг R и позволяет клапанам во впускной трубе закрыться и уменьшить подачу воздуха и газа. Клин W, который может подниматься или опускаться с помощью рычага L, находится между концом R и штоком клапана. Если этот рычаг поднять в самое высокое положение, управление начинается с меньшей скорости, так как в этом случае клапану остается пройти лишь небольшое расстояние до полного закрытия. На высоких скоростях водитель нажимает клавишу L, опускает клин и, таким образом, сводит к минимуму действие регулятора.

СЦЕПЛЕНИЕ.

На заднем конце вала двигателя расположено маховое колесо с широким и тяжелым ободом, придающим внутри коническую форму. Рядом с ним, свободно вращаясь на валу, находится диск сцепления, тяжелый диск с широким краем такой формы, чтобы поместиться внутри маховика. Обычно он облицован кожей. Очень сильная пружина прижимает диск к маховику, и возникающее в результате трение является достаточным для предотвращения любого скольжения. Выступы на задней части сцепления входят в зацепление с валом коробки передач. Водитель выжимает сцепление, нажимая на рычаг ногой. Некоторые сцепления не имеют кожаной накладки. Они называются сцеплениями "металл к металлу".

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ.

Теперь мы подходим к очень интересной детали автомобиля - коробке передач. Скорость паровой машины увеличивается за счет подачи большего количества пара в цилиндры. Но взрывной двигатель должен работать на высоких оборотах, чтобы развить свою полную мощность, а когда приходится выполнять более тяжелую работу на холме, возникает необходимость изменять соотношение оборотов двигателя и ведущих колес. На нашей иллюстрации (рис. 48) показана секция коробки передач, которая послужит типичным примером. Она обеспечивает три скорости движения вперед и одну скорость движения назад. Чтобы понять, как это работает, мы должны внимательно изучить иллюстрацию. Шестерня 1 установлена на поломанном валу, вращаемом муфтой. В полый вал входит конец другого вала, несущего шестерни 6 и 4. Шестерня 6 скользит вверх и вниз по этому валу, который в этом месте квадратный, но круглый внутри *незакрепленной* шестерни 4. Шестерни 2 и 3 соединены шпонками с квадратным вторичным валом и, соответственно, всегда находятся в зацеплении с 1 и 4; но 5 можно перемещать назад и вперед, чтобы входить в зацепление или расцепляться с 6. На рисунке ни одна передача не включена. Если двигатель работает, 1 вращает 2, 2 - 3 и 3 - 4 вхолостую на своем валу.

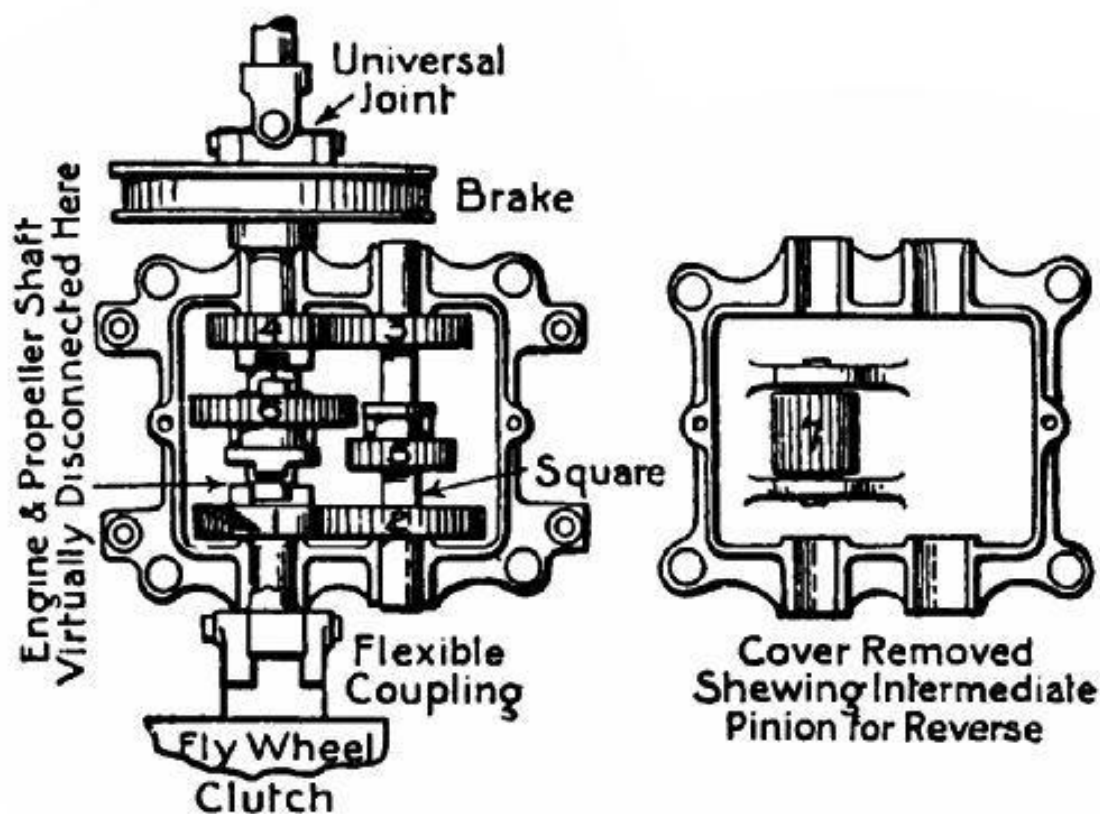


Рис.

48. Коробка передач автомобиля.

Чтобы установить самую низкую, или "первую", скорость, водитель перемещает рычаг и переключает передачу 5 на передачу 6. Таким образом, передача выполняется следующим образом: 1 поворачивает 2, 2 поворачивает 5, 5 поворачивает 6, 6 поворачивает карданный вал через универсальный шарнир. Для второй скорости 5 и 6 отключаются, и 6 перемещается вверх по странице, так сказать, до тех пор, пока выступы на нем не сцепятся с пазами в 4; таким образом, приводя в движение вал 1, 2, 3, 4. Для третьей, или "твердой", скорости 6 опускается до соединения с 1 и соединяет вал двигателя непосредственно с карданным валом.

"Реверс" осуществляется путем поднятия длинной шестерни 7, которая находится в коробке передач под 5 и 6. Привод, таким образом, осуществляется следующим образом 1, 2, 5, 7, 6. Поскольку теперь задействовано нечетное количество шестерен, карданный вал вращается в направлении, обратном направлению вращения вала двигателя.

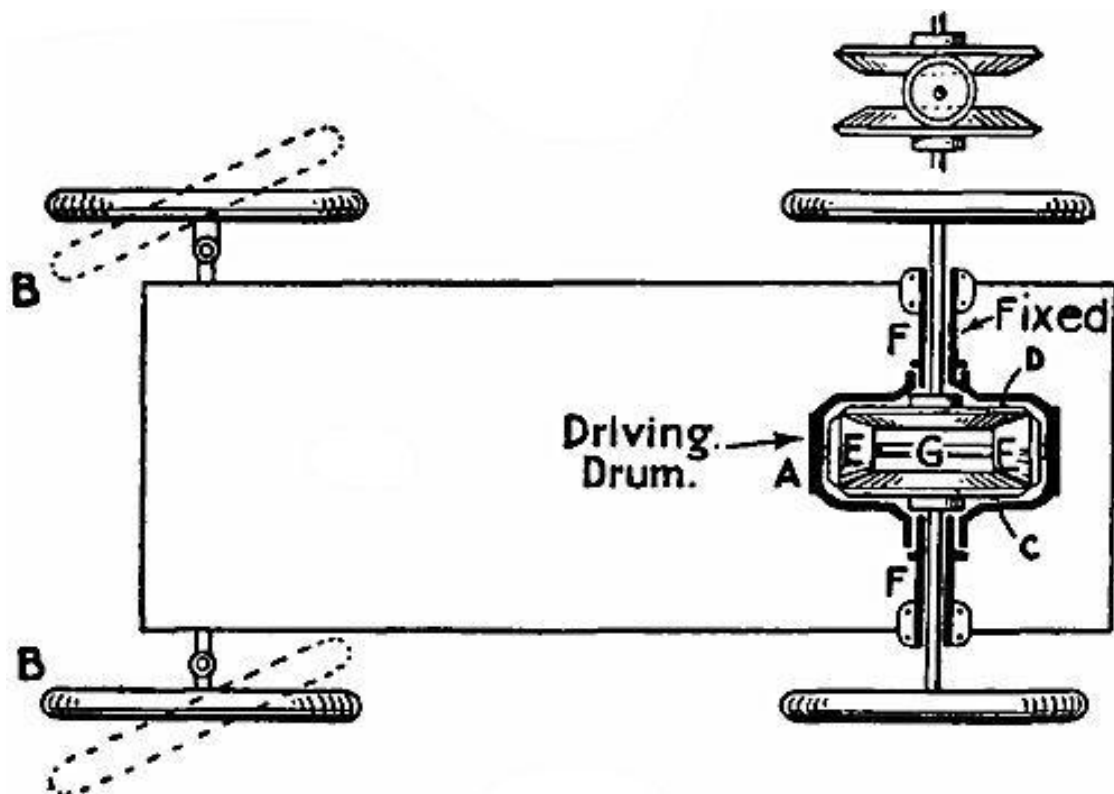


Рис. 49.

КОМПЕНСИРУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ.

Каждая ось железнодорожного состава имеет на каждом конце колесо, жестко прикрепленное к ней. При повороте внешнему колесу приходится двигаться дальше, чем другому, и, следовательно, одно или оба колеса должны буксовать. Однако повороты получаются настолько плавными, что степень скольжения очень мала. Но с тяговым двигателем, легковым автомобилем или трехколесным велосипедом дело обстоит иначе, поскольку все они должны описывать круги очень малого диаметра пропорционально длине транспортного средства. Поэтому в каждом конкретном случае устанавливается *компенсирующий механизм*, позволяющий колесам вращаться с разной скоростью, при этом приводя в движение их оба. На рис. 49 представлен увеличенный эскиз шестеренки. Оси движущихся колес вращаются внутри труб, прикрепленных к пружинам и центральному кожуху (не показаны), и заканчиваются большими коническими колесами C и D. Между ними расположены небольшие конические диски, установленные на валу, поддерживаемом приводным барабаном. Если бы последняя вращалась, скосы вращались бы C и D с равной скоростью, предполагая, что обе оси вращаются без трения в своих подшипниках. Предположим, что барабан вращается 50 раз в минуту. Теперь, если удерживать одно колесо, другое будет вращаться 100 раз в минуту; или, если одно замедлить, другое увеличит свою скорость на соответствующую величину. *Средняя* скорость остается равной 50. Следует отметить, что барабан A имеет встроенное с внешней стороны коническое колесо (не показано), вращающееся за счет меньшего скоса на конце карданного вала.

ГЛУШИТЕЛЬ.

Бензиновый двигатель в том виде, в каком он используется в настоящее время, выбрасывает продукты сгорания под высоким давлением. Если их не остановить, они сильно расширяются и создают частичное разрежение в выхлопной трубе, в которую воздух устремляется обратно с такой силой, что вызывает громкий шум. Поэтому устанавливаются устройства, называемые *глушителями*, которые делают утечку более плавной и разделяют ее на несколько небольших отверстий. Простейшей формой глушителя является цилиндрическая коробка с рядом тонко перфорированных трубок, проходящих от конца к концу. Выхлопные газы, поступающие в коробку, поддерживают постоянное давление, несколько превышающее атмосферное, но поскольку газы выходят из нее довольно равномерным потоком, шум становится мягким шипением, а не "хлопком". Существует множество типов глушителей, но все они используют этот принцип в той или иной форме.

ТОРМОЗА.

На каждом автомобиле установлено по меньшей мере два ленточных тормоза: один, обычно приводимый в действие боковым ручным рычагом, воздействующим на ось или ступицы ведущего колеса; другой, приводимый в действие ногой, воздействующий на шестерню коробки передач (см. рис. 48). Последний тормоз, как правило, предназначен для одновременного выключения сцепления. Испытания показали, что даже тяжелые автомобили можно останавливать на удивительно коротких расстояниях, учитывая их скорость передвижения. Испытания, проведенные в Соединенных Штатах на туристическом автомобиле и карете, запряженной четверкой, дали 25½ и 70 футов соответственно для расстояния, на котором скорость можно было снизить с шестнадцати миль в час до нуля.

СКОРОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ.

Что касается скорости, автомобили могут соперничать с самыми быстрыми экспрессами даже в длительных поездках. Фактически, достижения, достигнутые во время гонок Гордона-Беннетта и других, сравнялись с достижениями железнодорожников на равных расстояниях. Когда речь заходит о рекордных скоростях, мы обнаруживаем, что автомобиль, специально построенный для этой цели, преодолевает милю менее чем за полминуты. Фактически достигнута скорость более 120 миль в час. Двигатели мощностью 150 л.с. теперь можно устанавливать на транспортное средство весом менее 1½ тонны. Даже на туристических автомобилях часто встречаются двигатели, развивающие от 40 до 60 л.с., которые разгоняют машину по крутым холмам с поразительной скоростью. В будущем автомобиль произведет революцию в нашем образе жизни в степени, сравнимой с изменениями, произведенными появлением паровой машины. Даже с 1896 года, когда на Британских островах был отменен закон "о человеке с флагом", автомобили сократили расстояния, открыли сельские районы и в целом ускорили пульс общества таким образом, что становится опасным предсказывать, как будет жить следующее поколение.

Примечание. Автор в большом долгу перед мистером Уилфридом Дж. Лайнхэмом, M. Inst. C.E., за несколько иллюстраций, приведенных в вышеупомянутой главе.

[8] Вагоны с паровым приводом в этой главе не рассматриваются, поскольку их принцип во многом такой же, как у обычного локомотива.

[9] На некоторых автомобилях используется естественная циркуляция, при которой горячая вода течет из верхней части цилиндра в бак, откуда после охлаждения возвращается в нижнюю часть цилиндра.

Глава V.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО.

Что такое электричество?—Формы электричества—Магнетизм—Постоянный магнит—Силовые линии—Электромагниты—Электрический звонок—Катушка индуктивности—Конденсатор—Преобразование тока—Использование катушки индуктивности.

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?

Об изначальной природе электричества, как и о природе тепла и света, мы в настоящее время ничего не знаем. Но было четко установлено, что все три явления являются всего лишь проявлениями энергии, пронизывающей вселенную. С помощью подходящего устройства одна форма может быть преобразована в другую. Тепло топлива, сжигаемого в топке котла, вырабатывает механическую энергию в двигателе, который котел подпитывает паром. Двигатель вращает динамо-машину, и вырабатываемый таким образом электрический ток может передаваться по проводам для создания механического движения, тепла или света. Следовательно, мы должны оставаться довольными предположением, что электричество - это энергия или движение, передаваемое через эфир от молекулы к молекуле или от атома к атому материи. Научные исследования научили нас, как производить его по своему желанию, как использовать его для наших нужд и как его измерять; но не *тому*, что это такое. Этот вопрос, возможно, останется без ответа до конца человеческой истории. Большая трудность, связанная с объяснением электрического действия, заключается в том, что, за исключением одного или двух случаев, нельзя провести никакого сравнения между ним и действием газов и жидкостей. Имея дело с паровой машиной, любой обычный разум вскоре постигает принципы, которые управляют использованием пара в цилиндрах или турбинах. Хочется надеяться, что диаграммы достаточно ясно показывают, "как это работает". Но электричество неуловимо, невидимо; и величайшие авторитеты не могут сказать, что происходит на полюсах магнита или на поверхности наэлектризованного тела. Даже существование "отрицательного" и "положительного" электричества является проблематичным. Однако мы видим последствия и знаем, что если делать одно, происходит другое; так что мы, по крайней мере, можем использовать термины, которые, хотя и удобны, в настоящее время не оспариваются научным прогрессом.

ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

Потрите вулканический стержень и держите один конец рядом с несколькими крошечными кусочками бумаги. Они подлетают к нему, прилипают к нему на какое-то время, а затем отваливаются. Стержень был наэлектризован, то есть его поверхность подверглась воздействию таким образом, что находилась в состоянии молекулярного напряжения, которое уменьшал контакт фрагментов бумаги. Протирая большие поверхности и собирая электричество в подходящие приемники, можно добиться снятия напряжения в виде сильного разряда, сопровождающегося яркой вспышкой. Эта форма электричества известна как *статическое*.

Затем поместите медную и цинковую пластины в банку с разбавленной серной кислотой. Если к ним присоединить провод, то говорят, что по проводу *течет* электрический ток.

Однако мы не должны воображать, что внутри проволоки что-то действительно движется, когда вода, пар или воздух проходят по трубе. Профессор Троубридж говорит,^[11] "Ни одно другое средство передачи энергии не может быть остановлено такими незначительными препятствиями, как электричество. Тонкий лист бумаги, помещенный поперек трубки, по которой подается сжатый воздух, мгновенно разорвался бы. Потребовалась бы стальная стена толщиной не менее дюйма, чтобы выдержать давление пара, которое приводит в движение двигатель мощностью 10 000 лошадиных сил. Тонкий слой грязи под колесами электромобиля может предотвратить передачу тока, приводящего автомобиль в движение, на рельсы, а затем обратно в электростанцию ". Действительно, произошел бы прокол бумаги, если бы ток имел достаточное напряжение или давление; однако факт остается фактом: *электрический* ток может быть очень легко ограничен его проводником с помощью какой-либо изолирующей или непроводящей оболочки.

МАГНЕТИЗМ.

Наиболее известной формой электричества является та, которая известна как магнетизм. Предполагается, что когда стальной или железный брусок намагничивается, молекулы в нем поворачиваются и располагаются всеми своими полюсами, направленными на север, к одному концу бруска, а полюсами, направленными на юг, - к другому. Если стержень свободно балансируется на оси, он останавливается, указывая на север и юг; поскольку земля является огромным магнитом, ее северный полюс притягивает все молекулы, стремящиеся на север, а ее южный полюс - к полюсам, стремящимся на юг. (*Стремящийся pole of a magnet is marked N., though it is in reality the полюс магнита обозначен как N., хотя на самом деле это южный полюс; поскольку непохожие полюса взаимно притягиваются, а подобные полюса отталкиваются.*).).

Существует две формы магнитов — *постоянный* и *временный*. Если сталь намагничена, она остается намагниченной; но мягкое железо теряет практически весь свой магнетизм, как только устраняется причина намагничивания. Именно этого нам и следовало ожидать, поскольку сталь более плотно спрессована, чем железо, и поэтому молекулы могли бы легче перемещаться.^[12] Нам повезло, что это так, поскольку от быстрого намагничивания и размагничивания мягкого железа зависит действие многих наших электрических механизмов.

ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ.

Магниты бывают либо (1) прямыми, и в этом случае их называют стержневыми магнитами; либо (2) подковообразной формы, как показано на рис. 50 и 51. При изгибе магнита два полюса сближаются, и притяжение обоих может осуществляться одновременно к стальному или железному стержню.

СИЛОВЫЕ ЛИНИИ.

На рис. 50 видно несколько пунктирных линий. Они называются *линиями магнитной силы*. Если вы положите лист бумаги на подковообразный магнит и посыплете его железной пылью, вы сразу заметите, как частицы выстраиваются в кривые, похожие по форме на те, что показаны на рисунке. Предполагается (это не может быть *доказано*), что магнитная сила исходит от северного полюса и описывает круговой курс по воздуху обратно к южному полюсу. То же самое замечание относится и к стержневому магниту.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАГНИТЫ.

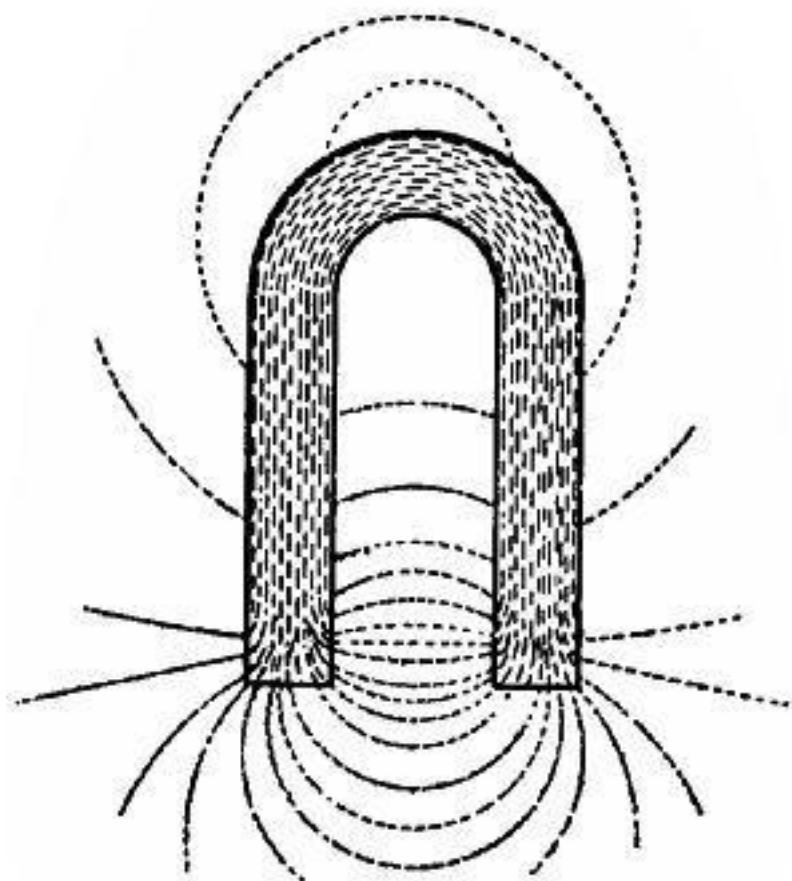


Рис. 50. Постоянный магнит и

исходящие от него "силовые линии".

Если изолированный провод наматывается на стальной или железный стержень из конца в конец и его концы подсоединяются к клеммам электрической батареи, ток вращается вокруг стержня, и стержень намагничивается. Увеличивая силу и объем тока и умножая количество витков провода, сила притяжения магнита увеличивается. Теперь отсоедините провода от аккумулятора. Если магнит сделан из железа, он сразу теряет свою силу притяжения; но если он сделан из стали, он частично сохраняет ее. Вместо простого стержня в форме подковы для электромагнитов этого типа обычно используются два более коротких стержня, заклепанных в пластину. Витки проволоки наматываются вокруг каждого стержня и соединяются так, чтобы образовать одно непрерывное целое; но проволока одного витка наматывается в направлении, противоположном направлению другого. Свободный конец каждого из них идет к клемме аккумулятора.

На рис. 51 вы заметите, что некоторые из "силовых линий" отклоняются через железный стержень А. Они легче проходят через железо, чем через воздух; и предпочтительно выберут железо. Притяжение, оказываемое магнитом на железо, может быть вызвано стремлением силовых линий сократить их траектории. Очевидно, что чем ближе А подходит к полюсам магнита, тем меньше будет расстояние, которое нужно пройти от одного полюса до стержня, вдоль него и обратно к другому полюсу.

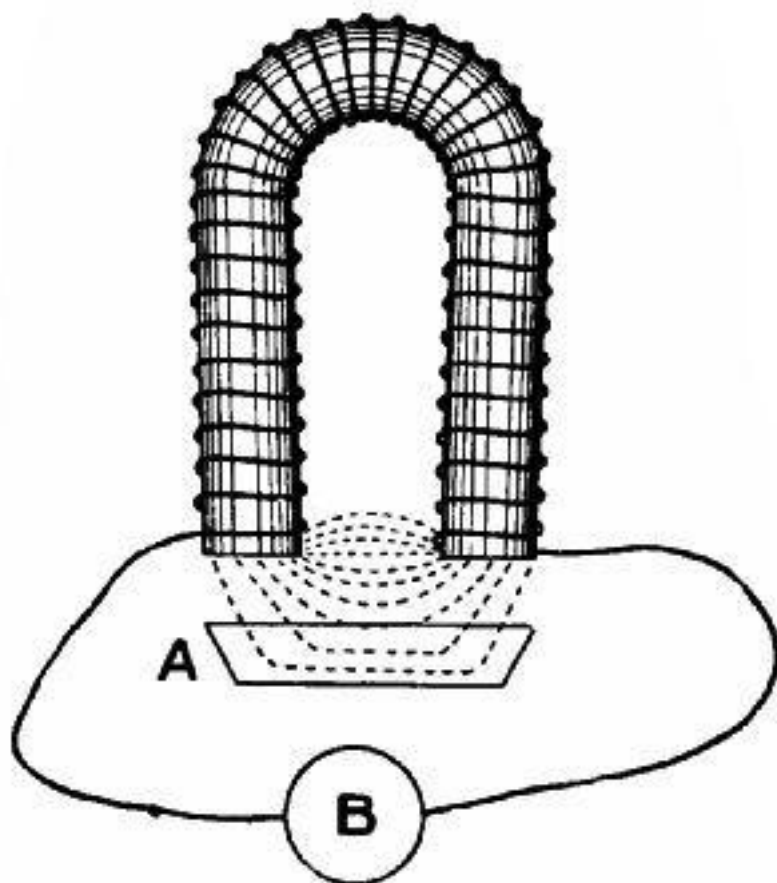


Рис. 51. Электромагнит: А — якорь; Б -

аккумулятор.

Теперь, рассмотрев электричество в трех его формах — статической, текущей и вращательной, — мы перейдем к некоторым его применениям.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗВОНОК.

Подходящим устройством для начала является электрический звонок, который в значительной степени заменил проволочные колокольчики. Последние иногда доставляют много хлопот, так как при обрыве провода может потребоваться замена ковров и напольных досок, чтобы все навести порядок. Их установка не проста, так как на каждом углу необходимо установить рукоятку для изменения направления натяжения, а кривошипные означают повышенное трение. Но когда электрические провода будут правильно проложены, не должно быть необходимости прикасаться к ним в течение неопределенного периода времени. Их можно поворачивать за любое количество углов, сколько вы пожелаете, не теряя при этом своей проводимости, и размещать там, где это наиболее удобно для исследования. Один звонок может обслуживать большое количество комнат, если использовать *индикатор*, показывающий, откуда был сделан звонок, с помощью карточки, появляющейся в одном из множества маленьких окошек. Прежде чем ответить на звонок, дежурный нажимает кнопку, чтобы вернуть карточку в обычное положение.

На рис. 52 мы имеем схематическое изображение электрического звонка и тока. Когда нажимается кнопка звонка, ток течет от аккумулятора к клемме T^1 , огибает электромагнит M , проходит через стойку P и плоские стальные пружины S и B , через винт с платиновым наконечником и обратно к аккумулятору через кнопку. Циркуляция тока намагничивает M , который притягивает железный якорь A , прикрепленный к пружине S , и притягивает молоток

Н к гонгу. Непосредственно перед тем, как произойдет удар, пружина В покидает кончик винта, и цепь размыкается, так что магнит больше не притягивается. Н переносится своим импульсом на гонг и отводится пружиной до тех пор, пока В снова не войдет в контакт и магнит не будет повторно возбужден. Вибрации молотка повторяются много раз в секунду до тех пор, пока нажимается кнопка.

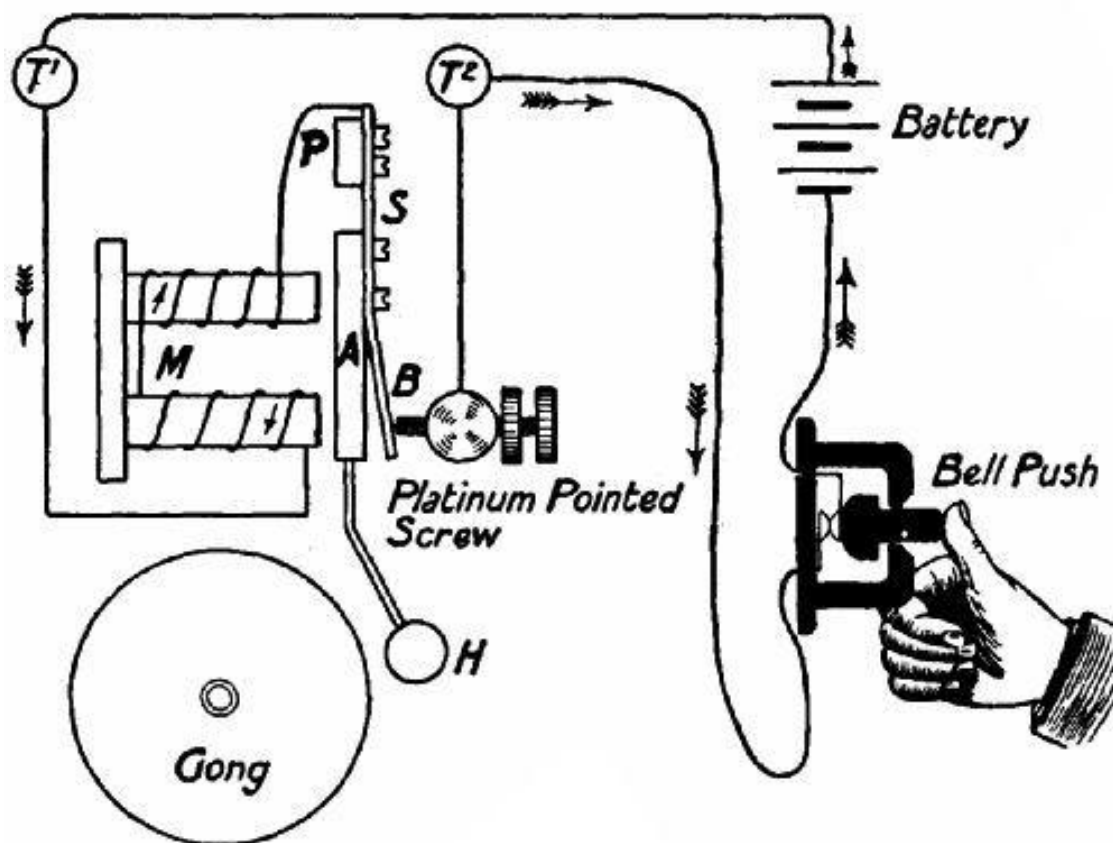


Рис. 52.Схема

электрического звонка.

Электрический звонок используется для стольких целей, что все они не могут быть учтены. Он играет особенно важную роль в телефонных установках для привлечения внимания абонентов, является элементом автоматической пожарной и охранной сигнализации и необходимым дополнением к кабинам железнодорожной сигнализации.

ИНДУКЦИОННАЯ КАТУШКА ИЛИ КАТУШКА РУМ-КОРФА.

В связи с электрическим зажиганием двигателей внутреннего сгорания (стр. 101) была сделана ссылка на *индукционную катушку*. Это устройство для увеличения *напряжения*, или давления, тока. Двухэлементный аккумулятор, который перевозится в автомобиле, выдает напряжение (иначе называемое электродвижущей силой = E.M.F.) 4·4 вольта. Если вы присоедините провод к одной клемме аккумулятора и быстро проведете свободным концом по другой клемме, вы заметите, что между проводом и клеммой пробегают яркие искры. На самом деле есть две искры, одна, когда они соприкасаются, а другая, когда они разделяются, но они возникают так близко друг к другу, что глаз не может разделить два впечатления. Искра такого рода была бы недостаточно горячей, чтобы воспламенить заряд в цилиндре двигателя, и поэтому используется искра от индукционной катушки.

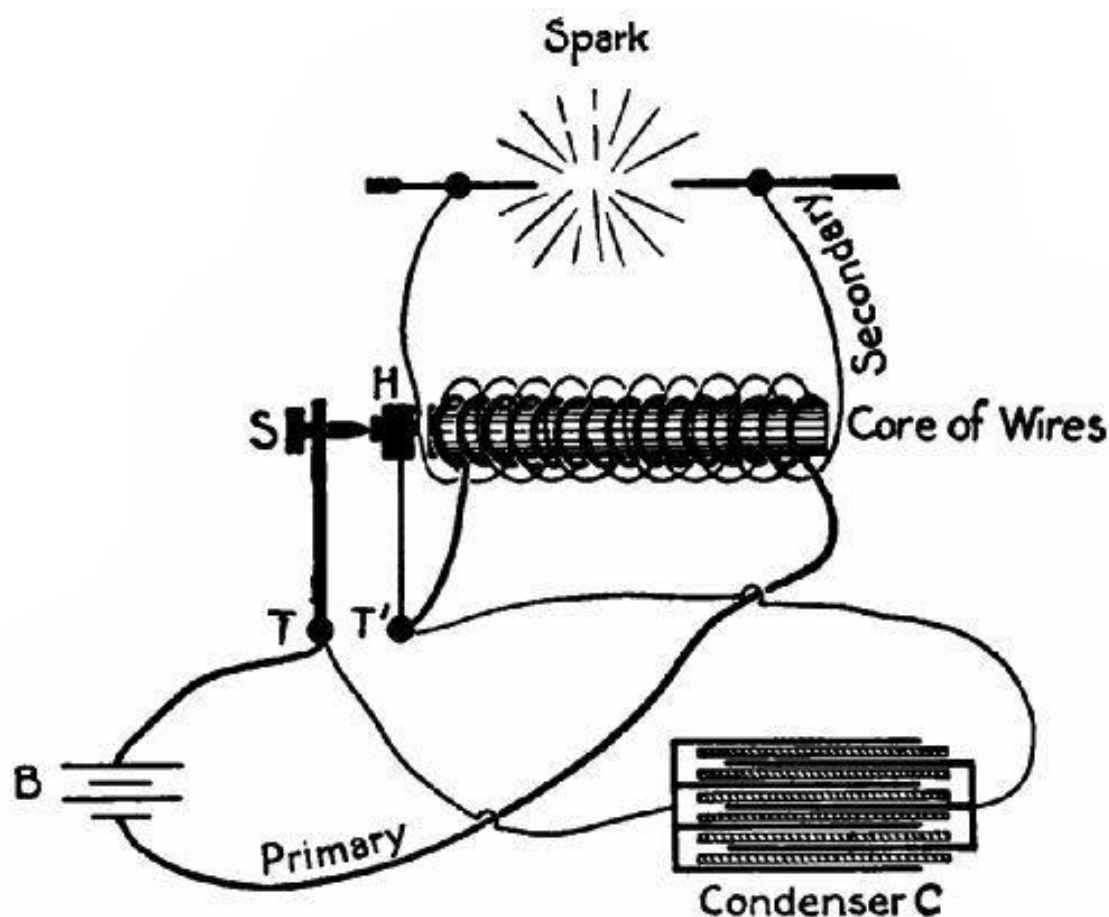


Рис. 53.Схема

индукционной катушки.

Мы приводим эскиз индукционной катушки на рис. 53. Он состоит из сердечника из мягкой железной проволоки, вокруг которого намотан слой провода с грубой изоляцией, обозначенный толстой линией. Один конец обмотки этой *первичной* катушки прикреплен к батарее, другой - к основанию молотка H, вибрирующего между концом сердечника и винтом S, проходящим через стойку T, соединенную с другой клеммой батареи. Действие молотка в точности такое же, как у якоря электрического звонка. Снаружи первичной катушки намотано множество витков гораздо более тонкого провода, полностью изолированного от первичной катушки. Концы этой *вторичной* катушки прикреплены к предметам (в случае автомобиля - к изолированному проводу свечи зажигания и проводу, выступающему из ее внешнего железного корпуса), между которыми должна пройти искра. Как только H касается S, цепь замыкается. Сердечник становится мощным магнитом с внешними силовыми линиями, проходящими от одного полюса к другому по виткам вторичной катушки и между ними. H почти мгновенно притягивается ядром, и происходит разрыв. Теперь силовые линии (по крайней мере, так предполагается) погружаются в ядро, прорезая витки "вторичной обмотки" и заставляя мощный ток течь по ним. Чем больше число витков, тем большее количество раз перерезаются силовые линии и тем сильнее ток. При достаточной интенсивности он перескакивает через любой зазор во вторичном контуре, нагревая промежуточный воздух до состояния накала.

КОНДЕНСАТОР.

Внезапное разделение H и S вызвало бы сильное искрение в промежутке между ними, если бы не конденсатор, который состоит из нескольких листов фольги, разделенных слоями парафинированной бумаги. Все "нечетные" листы соединяются с помощью T, все "четные" - с помощью T'. Теперь, чем быстрее угасает магнетизм в сердечнике после "разрыва"

первичной цепи, тем быстрее разрушаются силовые линии и тем интенсивнее будет индуцированный ток во вторичной катушке. Конденсатор очень сильно уменьшает период затухания, одновременно удлиняя период намагничивания после "включения" первичного тока и, таким образом, уменьшая силу обратного тока.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТОКА.

Разница в напряжении первичного и вторичного токов зависит от длины обмоток. Если в первичной обмотке будет 100 витков провода, а во вторичной - 100 000 витков, напряжение увеличится в 1000 раз; так что ток в 4 вольта "увеличится" до 4000 вольт. В самых больших индукционных катушках вторичная обмотка поглощает 200-300 миль провода, и образующаяся искра может достигать четырех футов в длину. Такая искра пробила бы стеклянную пластину толщиной в два дюйма.

Не следует предполагать, что индукционная катушка увеличивает *величину* тока, выделяемого батареей. Он просто увеличивает свое давление за счет своего объема — как бынакапливает свою энергию до тех пор, пока ее не станет достаточно, чтобы сделать то, чего не смог бы сделать поток низкого напряжения. Справедливым сравнением было бы представить энергию тока низкого напряжения как импульс нескольких мелких камешков, последовательно брошенных в дверь, скажем, 100 в минуту. Если бы вы продолжали колотить в дверь часами, вы могли бы не произвести на нее никакого впечатления, но если бы вы могли размять каждые 100 камешков в один камешек и бросать эти камешки по одному в минуту, вы бы вскоре взломали дверь.

Любой прерывистый ток может быть преобразован в зависимости от его интенсивности. Вы можете либо увеличить его давление, одновременно уменьшая скорость потока или *силу тока*; либо уменьшить его давление и увеличить расход. В случае, который мы рассмотрели, непрерывный ток батареи становится прерывистым с помощью механического устройства. Но если ток поступает от "переменного" динамо—машины - то есть уже с переборами — контактный выключатель не нужен. О трансформации current будет больше сказано в последующих параграфах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОЙ КАТУШКИ.

Индукционная катушка используется—(1.) Для пропускания тока через стеклянные трубки, почти лишенные воздуха или содержащие сильно разреженные газы. Световые эффекты этих трубок Гейссера очень красивы. (2.) Для получения ныне известных рентгеновских лучей. Эти лучи сопровождают световые лучи, испускаемые отрицательным выводом (катодом) вакуумной трубки, и невидимы для глаза, если не попадут на флуоресцентный экран, который снижает скорость их вибрации настолько, чтобы глаз был чувствителен к ним. Рентгеновские лучи обладают особым свойством проникать во многие вещества, совершенно непрозрачные для света, такие как металлы, камень, дерево и т.д., и, как следствие, оказались очень полезными для хирургов при локализации или определении характера повреждения внутренних органов. Они также оказывают сдерживающее действие на раковые образования. (3.) В беспроводной телеграфии - вызывать мощные электрические колебания в эфире. (4.) На автомобилях для воспламенения зарядов в цилиндрах. (5.) Для электрического массажа тела.

[11] "Что такое электричество?" стр. 46.

[12] Если намагниченный брусок нагреть до белого каления и постучать молотком, он теряет свой магнетизм, потому что расстояние между молекулами увеличилось, и молекулы могут легко вернуться в исходное положение.

Глава VI.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЕЛЕГРАФ.

Игольчатые приборы—Влияние тока на магнитную стрелку—Способ обращения тока вспять—Зондирующие приборы—Телеграфные реле—Регистрирующие телеграфы—Высокоскоростная телеграфия.

Возьмите маленький карманный компас и обмотайте несколько витков тонкой изолированной проволоки вокруг корпуса, сверху и снизу. Теперь положите компас на стол и поворачивайте его до тех пор, пока катушка не окажется на одной линии с иглой — фактически, покроет ее. Затем прикоснитесь концами провода к клеммам аккумулятора. Стрелка сразу смещается либо вправо, либо влево и остается в этом положении до тех пор, пока течет ток. Если вы поменяете провода местами, изменив направление тока на противоположное, стрелка сразу же укажет в другую сторону. Именно такому поведению магнитной стрелки в "магнитном поле" мы обязаны существованием игольчатого телеграфного прибора.

ИГОЛЬЧАТЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

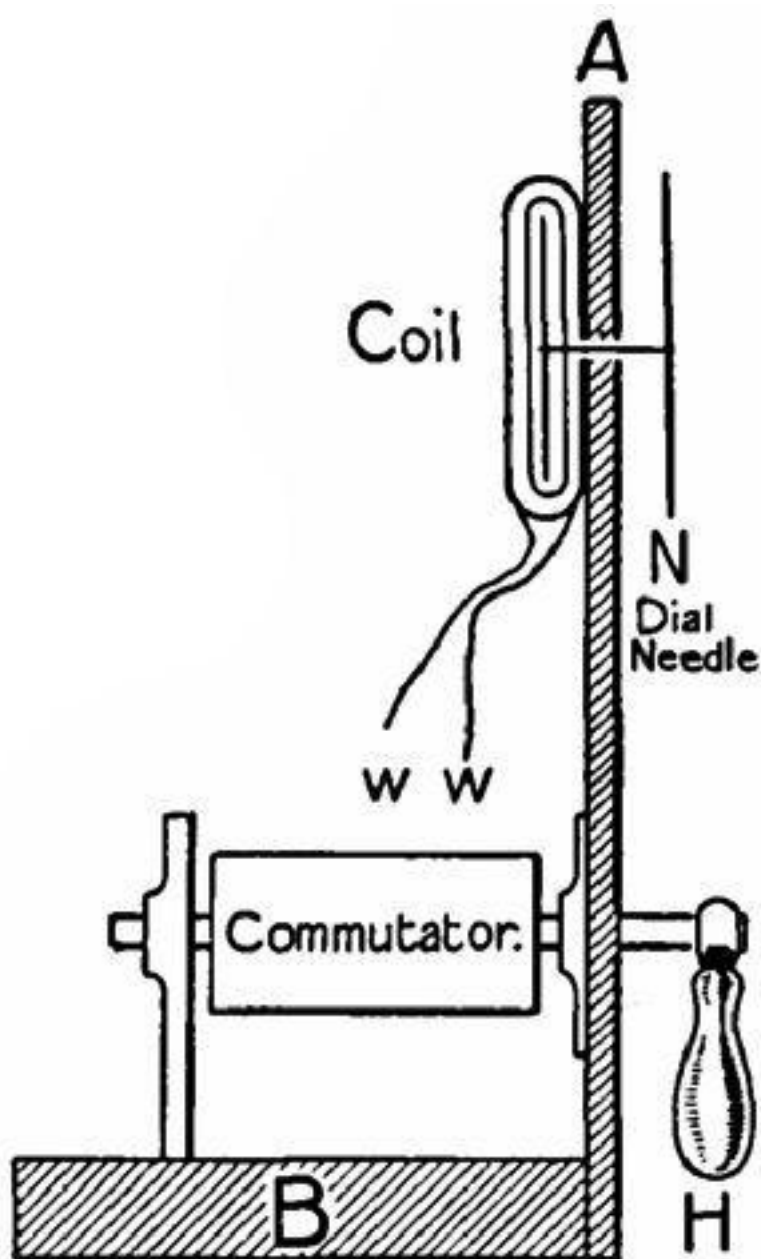


Рис. 54. Эскиз бокового возвышения

игольчатого инструмента Уитстона.

Вероятно, самым известным игольчатым инструментом является Кук-Уитстон, широко используемый в сигнальных будках и в некоторых почтовых отделениях. Его вертикальный разрез показан на рис. 54. Он состоит из основания В и вертикальной передней панели А, к задней части которых прикреплены две полые катушки по обе стороны от магнитной стрелки, установленной на том же стержне, что и вторая стрелка циферблата N, снаружи передней панели. Провода W W подсоединены к телеграфной линии и к коммутатору - устройству, которое, когда оператор перемещает рукоятку Н вправо и влево, постоянно меняет направление тока на противоположное. Стрелки как на приемном, так и на передающем приборе поворачиваются в соответствии с движениями рукоятки. Одно или несколько движений образуют алфавитную букву азбуки Морзе. Таким образом, если стрелка указывает сначала влево, а затем вправо и на мгновение останавливается в нормальном положении, обозначается буква А; справа-слева-слева-слева в быстрой последовательности = В; справа-слева-справа-слева = С и так далее. Там, где используется инструмент для маркировки, точка обозначает "влево", а тире - "вправо"; а если используется "эхолот", оператор судит по длительности интервалов между щелчками.

ВЛИЯНИЕ ТОКА НА МАГНИТНУЮ СТРЕЛКУ.

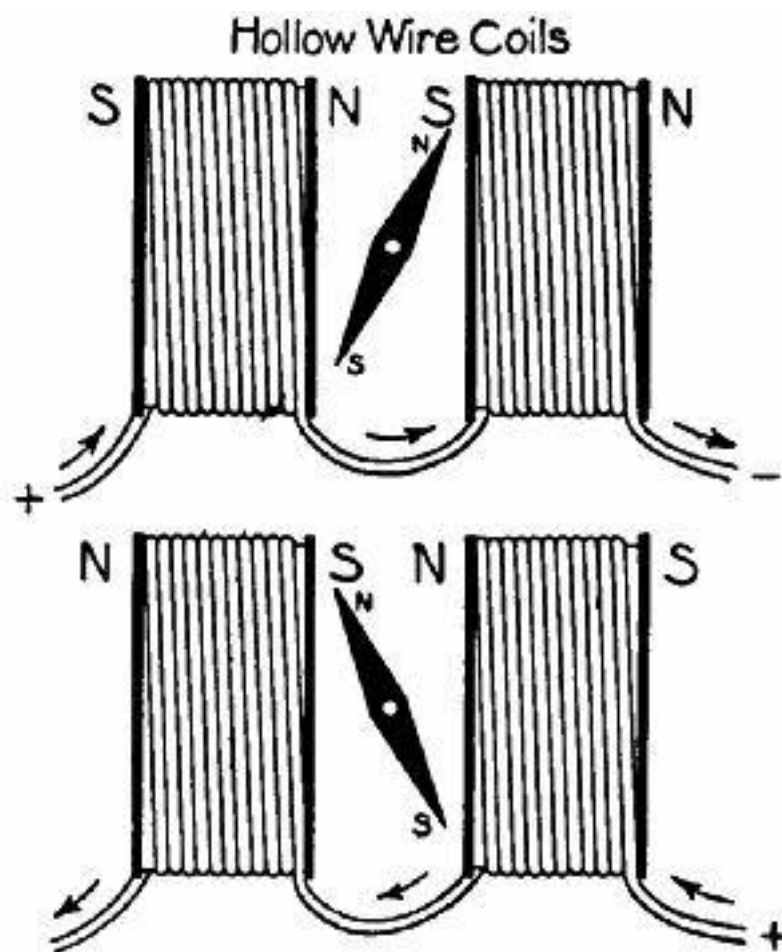


Рис. 55, 56.— Катушки игольчатого

прибора. Стрелки показывают направление тока.

Рис. 55 и 56 - два вида катушек и магнитной стрелки прибора Уитстоуна, когда они видны сзади. На рис. 55 ток поступает в левую катушку слева и проходит по ней круг за кругом по часовой стрелке к другому концу, откуда переходит на другую катушку и обратно к батарее. Теперь катушка, по которой проходит ток, становится магнитом. Ее полярность зависит от направления, в котором течет ток. Предположим, что вы смотрите сквозь катушку и что ток поступает в нее с вашего конца. Если провод намотан по часовой стрелке, то S. полюс будет ближе всего к вам; если против часовой стрелки, то N. полюс. На рис. 55 N. полюса находятся на правом конце катушек, S. полюса - на левом; таким образом, N. полюс иглы притягивается вправо, а S. полюс - влево. При обратном подаче тока, как показано на рис. 56, стрелка перемещается. Если ток не проходит, она остается вертикальной.

СПОСОБ РЕВЕРСИРОВАНИЯ ТОКА.

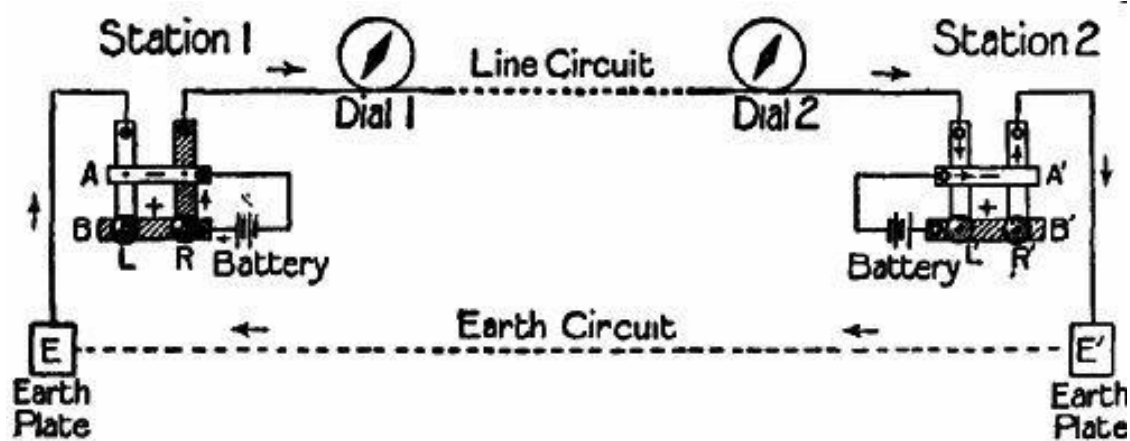


Рис. 57.Общее

расположение схемы игла-инструмент. Заштрихованные пластины слева (B и R) соприкасаются.

Простой метод изменения направления тока в цепи с двумя приборами показан схематически на рис. 57. Принцип используется в игольчатом приборе Уитстоуна. Клеммы аккумулятора на каждой станции прикреплены к двум латунным пластинам A B, A' B'. Их пересекают под прямым углом (под A A' и над B B') плоские латунные пружины L R, L' R', имеющие кнопки на нижних концах и прикрепленные верхними концами к плинтусам. В состоянии покоя все они прижимаются вверх к пластинам A и A' соответственно. R и L' соединены с линейной схемой, в которой находятся катушки циферблатов 1 и 2, по одной на каждой станции. L и R' соединены с заземляющими пластинами E E'. Оператор на станции 1 нажимает кнопку R так, чтобы коснуться B. Теперь ток течет от батареи к B, оттуда через R в линейную цепь, по катушкам обоих циферблатов через L' A' и R к пластине заземления E', через землю к E, а затем обратно к батарее через L и A. Стрелки принимают указанное положение. Чтобы повернуть ток вспять, оператор позволяет R подняться до соприкосновения с A и нажимает L, чтобы коснуться B. Направление движения можно легко отследить.

В приборе Wheatstone с "откидной ручкой" (рис. 54) коллектор можно описать как изолированный сердечник, на котором расположены два коротких отрезка латунных трубок. Один из них имеет трущуюся о него пружину, соединенную с клеммой + аккумулятора; другой имеет аналогичную связь с клеммой -. Из каждой трубки выступает шип, а от плинтуса поднимаются четыре вертикальные латунные планки, не совсем соприкасающиеся с коллектором. Те, что с одной стороны, ведут к линейной цепи, а с другой - к заземляющей плате. Когда рукоятка поворачивается в одну сторону, шипы касаются передней линейной полосы и задней заземляющей полосы, и наоборот при движении в противоположном направлении.

ЗВУЧАЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

Иногда к циферблату игольчатого инструмента прикрепляются маленькие латунные полоски, по которым можно ударять иглой. Поскольку они издают разные звуки, оператор может воспринимать сообщение только на слух. Но наиболее широко используемым зондирующим инструментом является эхолот Морзе, названный в честь его изобретателя. Для этого не требуется реверсивный ток. Приемник представляет собой просто электромагнит (соединенный с линейной цепью и заземляющей пластиной), который при прохождении тока притягивает небольшой железный стержень, прикрепленный к середине поворотного рычага. Свободный конец рычага работает между двумя упорами. Каждый раз, когда цепь

замыкается передающим ключом на передающей станции, рычаг опускается до нижнего упора, чтобы снова подняться при разрыве цепи. Продолжительность его пребывания определяет, имеется ли в виду "длительный" или "короткий".

ТЕЛЕГРАФНЫЕ РЕЛЕ.

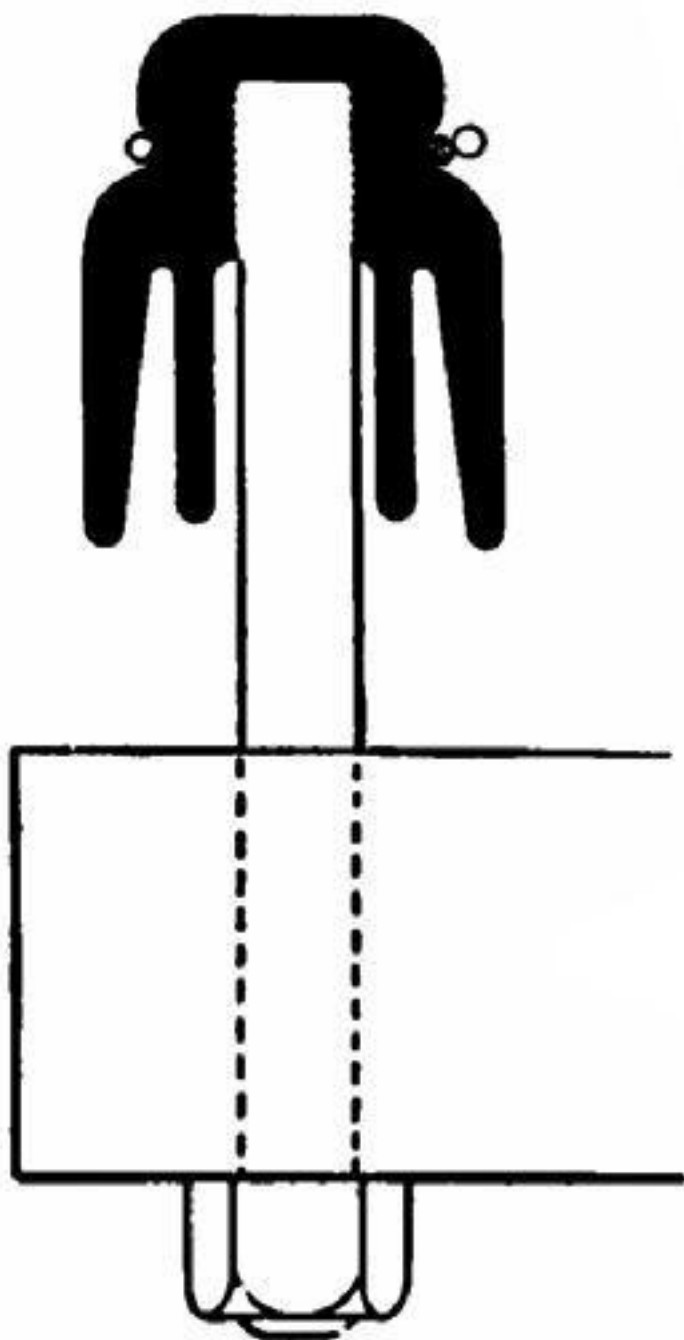


Рис. 58. Сечение изолятора

телеграфного провода на его плече. Заштрихованный круг - это линейный провод, два пустых круга обозначают провод, который соединяет линейный провод с изолятором.

Когда электрический ток проходит большое расстояние по проводу, его сила значительно снижается из-за сопротивления провода и может быть недостаточной, чтобы заставить электромагнит эхолота сдвинуть тяжелый рычаг. Таким образом, вместо тока, действующего непосредственно на магнит эхолота, он используется для питания небольшого магнита или реле, которое опускает световую полосу и замыкает вторую "местную" цепь, то есть цепь на

стороне приемника, работающую от отдельной батареи, мощности которой достаточно для работы эхолота.

ЗАПИСЬ ТЕЛЕГРАММ.

Прикрепляя небольшое колесико к концу рычага эхолота Морзе, устанавливая чернильницу, в которую опускается колесико, когда конец опускается, и медленно перемещая бумажную ленту, чтобы колесико прижималось, когда оно поднимается, получают самопишущую краску Морзе. Устройство для подачи ленты приводится в движение автоматически под действием тока и продолжает тянуть ленту за собой до тех пор, пока сообщение не будет завершено.

Принтер Hughes type печатает на листе бумаги символы, напечатанные жирным римским шрифтом. Передатчик имеет клавиатуру, на которой нанесены буквы, знаки и цифры, а также печатающее колесо с символами по окружности, вращаемое с помощью электричества. Приемник содержит механизмы для вращения колеса другого типа синхронно, то есть во времени, с первым; для перемещения колеса по бумаге; для прижатия бумаги к колесу; и для перемещения бумаги, когда требуется новая строка. Они слишком сложны, чтобы описывать их здесь подробно. С помощью реле можно заставить один передатчик работать на пятьсот приемников. В Лондоне единственный оператор, управляющий клавиатурой в центральном диспетчерском пункте, заставляет машинописные сообщения печататься одновременно в машинах, разбросанных по всему мегаполису.

Лентопротяжный аппарат во многих деталях напоминает только что описанный. Основное отличие заключается в том, что он печатает на непрерывной ленте, а не на листах.

Автоматические электрические принтеры того или иного вида можно найти в вестибюлях всех главных отелей и клубов наших крупных городов, а также в офисах банкиров, биржевых маклеров и редакторов газет. Только в Лондоне получатели печатают более 500 миллионов слов в год.

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ТЕЛЕГРАФИЯ.

В определенные сезоны или когда происходят важные политические события, телеграфная служба была бы перегружена новостями, если бы не существовало каких-либо средств передачи сообщений с гораздо большей скоростью, чем это возможно при ручной передаче сигналов. Пятьдесят слов в минуту - это предельная скорость, которую может поддерживать хороший оператор. С помощью *автоматического передатчика* Wheatstone скорость передачи может быть увеличена до 400 слов в минуту. Бумажные ленты пробиваются на специальных машинах несколькими клерками с помощью ряда отверстий, которые по своему положению обозначают точку или тире. Ленты пропускаются через специальный преобразователь по маленьким электрическим щеткам, которые контактируют через отверстия с поверхностями, подключенными к линейной цепи. На стороне получателя сообщение печатается чернилами азбуки Морзе.

Было обнаружено, что можно отправлять несколько сообщений одновременно по одной строке. Для осуществления этого используется *распределитель*, который связывает несколько передатчиков на одном конце линии с равным количеством приемников на другом конце, питаемых вторым распределителем, поддерживающим точное время с первым. Вместо того, чтобы сигнал поступал как единое целое к какому-либо одному прибору, он поступает небольшими фрагментами, но они следуют друг за другом так близко,

что являются практически непрерывными. Благодаря использованию нескольких автоматических передатчиков через распределитель по одному проводу можно легко передавать тысячу и более слов в минуту.

В системе Pollak Virag используется перфорированная лента, и получатель выводит сообщение в алфавитном порядке на движущейся полоске сенсibilизированной фотобумаги. Зеркало, прикрепленное к вибрирующей диафрагме, отражает свет от лампы на полосу, которая автоматически проявляется и закрепляется в химических ваннах. Метод перемещения зеркала так, чтобы лучи прослеживали слова, чрезвычайно изобретателен. Сообщения передавались этой системой со скоростью 180 000 слов в час.

Глава VII.

БЕСПРОВОЛОЧНЫЙ ТЕЛЕГРАФ.

Передающее устройство—Принимающее устройство—Синтоническая передача—Прогресс беспроводной телеграфии.

В нашей последней главе мы кратко рассмотрели некоторые системы передачи телеграфных сообщений из одной точки земной поверхности в другую по цепи, состоящей частично из изолированного провода, а частично из самой земли. Металлическая часть длинной цепи, особенно если это подводный кабель, дорогостояща в монтаже, так что на заре телеграфии были предприняты попытки использовать эфир вместо провода в качестве одного проводника.

Когда молот ударяет по наковальне, воздух вокруг сильно возмущается. Это возмущение распространяется по молекулам воздуха во многом так же, как рябь распространяется от всплеска камня, брошенного в пруд. Когда звуковые волны достигают уха, они возбуждают барабанную перепонку, и мы "слышим шум". Молоток здесь является передатчиком, воздух - проводником, ухо - приемником.

В беспроводной телеграфии мы используем эфир в качестве проводника электрических помех.^[13] Маркони, Слаби, Бранли, Лодж, Де Форест, Попофф и другие изобрели устройства для создания помех требуемого рода и для обнаружения их присутствия.

Основные характеристики оборудования для беспроводного телеграфирования показаны на рис. 59 и 61.

ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО.

Сначала мы рассмотрим передающее устройство (рис. 59). Он включает в себя аккумулятор, диспетчерский ключ и индукционную катушку, клеммы вторичной цепи которой соединены двумя проводами, один из которых ведет к заземляющей пластине, а другой поднят на шестах или подвешен к воздушному змею. На большой станции в Полду, Корнуолл, для трансатлантической сигнализации есть специальные деревянные вышки высотой 215 футов, между которыми подвешены воздушные провода. На их верхнем и нижнем концах соответственно заземляющий и воздушный провода заканчиваются латунными шариками, разделенными зазором. Когда оператор нажимает на клавишу, индукционная катушка заряжает эти шарiki и прикрепленные к ним провода электричеством высокого напряжения. Как только собираемое количество превышает сопротивление воздушного

зазора, между шариками происходит разряд, и эфир вокруг воздушного провода сильно возмущается, и по нему распространяются волны электрической энергии. Скорость, с которой разряды следуют один за другим, и мощность их распространения зависят от прочности индукционной катушки, длины воздушного зазора и емкости проводов.[14]

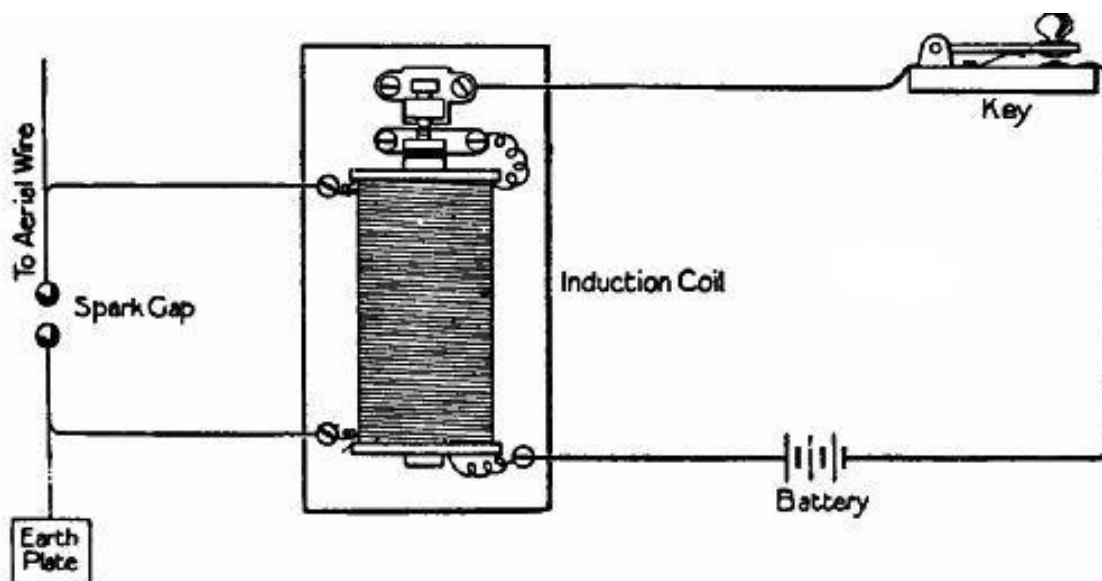


Рис. 59.Эскиз

передатчика устройства для беспроводного телеграфирования.



Рис. 60.Когерер

Маркони.

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО.

Человеческое тело совершенно нечувствительно к этим эфирным волнам. Мы не можем чувствовать, слышать или видеть их. Но на приемной станции есть то, что можно назвать "электрическим глазом". Технически это называется *когерером*. Когерер Маркони показан на рис. 60. Внутри маленькой стеклянной трубки, из которой выпускается воздух, находятся две серебряные заглушки, Р Р, с выводами, Т Т, выступающими через стекло с обоих концов. Заглушки разделены небольшим зазором в центре, и этот зазор частично заполнен мельхиоровым порошком. Если клеммы когерера подсоединить к клеммам аккумулятора, то в обычных условиях ток практически не будет проходить, так как частицы нейзильбера очень легко соприкасаются друг с другом и образуют "плохой контакт". Но если когерер также присоединен к проводам, ведущим в землю и воздух, и эфирные волны ударяются об эти провода, то при каждом ударе частицы будут связываться, то есть плотно собираться вместе, и пропускать ток через батарею. Свойство сцепления небольших проводящих тел под воздействием волн Герца было впервые замечено в 1874 году профессором Д.Э. Хьюзом во время экспериментов с телефоном.

катушки R роликами с часовым механизмом или приводимыми в движение с электрическим приводом $R^1 R^2$.

СИНТОНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА.

Если несколько передающих станций отправляют сообщения одновременно, беспорядочный набор сигналов повлиял бы на все приемники по кругу, если только не был использован какой-либо метод для придания приемнику чувствительности только к волнам, предназначенным для воздействия на него. Кроме того, если бы различие было невозможно, даже при работающем одном передатчике его сообщение могло бы попасть на нежелательные станции.

Существуют различные способы "настройки" приемников и передатчиков, но принцип, лежащий в основе всех них, аналогичен принципу механической вибрации. Если гирию подвесить к концу спиральной пружины и подтолкнуть вверх, она будет раскачиваться вверх-вниз определенное количество раз в минуту, причем каждое движение от начала до конца имеет точно такую же продолжительность, как и остальные. Сопротивление воздуха и внутреннее трение пружины постепенно уменьшают амплитуду движений, и гирия, наконец, останавливается. Предположим, что гирия весит 30 фунтов и что она естественным образом раскачивается двадцать раз в минуту. Если вы теперь возьмете перо и будете подталкивать его каждые три секунды, вы сможете заставить его совершать энергичные движения, предполагая, что при каждом толчке оно точно отскакивает. Тот же эффект был бы достигнут медленнее, если бы были заменены интервалы в 6 или 9 секунд. Но если вы будете наносить по нему удары с интервалом в 4, 5 или 7 секунд, он постепенно перестанет колебаться, поскольку эффект одного удара нейтрализует эффект другого. То же явление наблюдается, когда два камертона одинаковой высоты устанавливаются рядом друг с другом, и по одному из них ударяют. Другой вскоре берет ноту. Но вилка с неравным шагом осталась бы тупой.

Итак, каждая электрическая цепь имеет "естественный период колебаний", во время которого вибрирует ее электрический заряд. Оказалось возможным "настроить" или "синтонизировать" воздушный стержень или провод приемной станции с передатчиком. Вертикальный провод длиной около 200 футов, говорит профессор Дж.А. Флеминг,^[15] имеет естественный период электрических колебаний около миллионной доли секунды. Следовательно, если волны ударяются об этот провод миллион раз в секунду, они будут усиливать друг друга и влиять на когерер; в то время как меньшая или большая частота практически не повлияет на него. Путем настройки приемной схемы на передатчик или *наоборот* становится возможной выборочная беспроволочная телеграфия.

РАЗВИТИЕ БЕСПРОВОЛОЧНОГО ТЕЛЕГРАФА.

Историю беспроволочного телеграфа можно резюмировать следующим образом:—

1842. — Профессор Морзе отправил воздушные сообщения через реку Саскуэханна. Линия, содержащая батарею и передатчик, была протянута на столбах вдоль одного берега и "заземлена" в реке с каждого конца. На другом берегу был второй провод, присоединенный к приемнику и также заземленный. Всякий раз, когда контакт устанавливался и прерывался на стороне батареи, это влияло на приемник на другой стороне. Расстояние около 1 мили.

1859.—Джеймс Боумен Линдси передавал сообщения через Тэй в Гленкарсе несколько похожим способом. Расстояние около ½ мили.

1885. — Сэр Уильям Прис подал сигнал с мыса Лавернок, недалеко от Кардиффа, на Стип-Холм, остров в Бристольском проливе. Расстояние около 5 с половиной миль.

Во всех этих электрических устройствах использовалась *индукция* тока.

1886. — Открыты волны Герца.

1895. — Профессор А. Попофф отправил сообщения на волне Герца на расстояние 3 миль.

1897 г. —Маркони подал сигнал из отеля Needles на острове Уайт в Суонидж; расстояние 17 с половиной миль.

1901.—Сообщения отправлены в море на расстояние 380 миль.

1901, 17 декабря. — Сообщения переданы из Полду, Корнуолл, в Госпиталь Пойнт, Ньюфаундленд; расстояние 2099 миль.

Мистер Маркони настолько усовершенствовал настроечные устройства, что его трансатлантические сообщения не воздействуют на приемники, установленные на борту судов, пересекающих океан, если только они не настроены специально. Атлантические лайнеры теперь ежедневно выпускают небольшие газеты, содержащие последние новости, передаваемые в космос с наземных станций. В Соединенных Штатах системы Де Фореста и Фессендена быстро расширяются, охватывая самые отдаленные районы. Все важные военно-морские силы взяли на вооружение беспроводный телеграф, который, как было доказано во время русско-японской войны, может оказать величайшую помощь в управлении операциями.

[13] Названы в честь их первого первооткрывателя, доктора Герца из Карлсруэ, "волнами Герца".

[14] Для передачи на большие расстояния мощные динамо-машины заменяют индукционную катушку и аккумулятор.

[15] "Техника", том ii. стр. 566.

Глава VIII.

ТЕЛЕФОН.

Телефон Bell—Передатчик Эдисона—Передатчик гранулированного углерода—Общее устройство телефонной сети—Двухлинейные схемы—Телефонные станции—Телефония на подводных лодках.

Для целей повседневной жизни телефон даже более полезен, чем телеграф. Телефоны теперь соединяют одну комнату здания с другой, дом с домом, город с городом, страну со страной. За год по телефонным линиям мира проходит бесконечно большее количество слов, чем передается телеграфистами. Телефон стал важным дополнением к ведению бизнеса всех видов. Его провода проникают повсюду. Не вставая из-за стола, житель Лондона может непринужденно беседовать с парижанином, житель Нью-Йорка - с жителем Чикаго.

Как ни прекрасна передача сигналов на большие расстояния, передача человеческой речи настолько четко, что отдельные голоса можно различить за сотни миль, еще более удивительна. Однако инструмент, который творит это чудо, по сути, прост по своим принципам.

ЗВОНОК ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА.

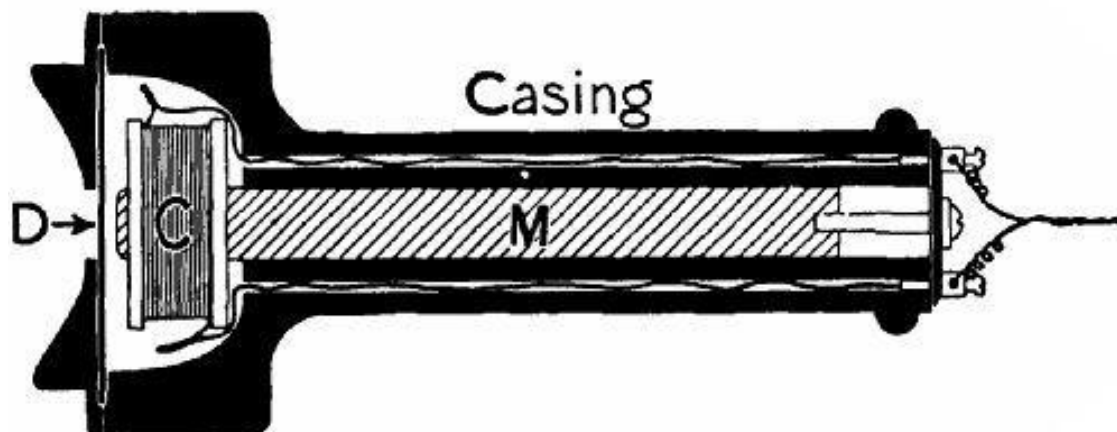


Рис. 62.Секция

телефонного звонка.

Первым телефоном, вошедшим в обиход, был телефон Bell, показанный на рис. 62. В центральном отверстии эбонитового корпуса закреплен постоянный магнит М. Корпус расширяется на одном конце для размещения катушки изолированного провода, намотанной на один конец магнита. Концы катушки прикреплены к проводам, проходящим через небольшие каналы к клеммам сзади. Круглая диафрагма D из очень тонкой железной пластины, зажата между вогнутым мундштуком и корпусом, почти касается конца магнита.

Предположим, что два телефонных звонка, А и В, соединены проводами, так что провода и катушки образуют замкнутую цепь. Слова произносятся на А. Колебания воздуха, проходящего через центральное отверстие в крышке, заставляют диафрагму вибрировать по направлению к магниту и от него. Были измерены расстояния, на которые перемещается диафрагма, и установлено, что в некоторых случаях они не превышают $1 \times 10\,000\,000$ дюймов! Его движения искажают форму "силовых линий" (см. стр. 118), исходящих от магнита, и они, проходя через витки катушки, индуцируют ток в линейной цепи. Когда диафрагма приближается к магниту, цепь направляется в одном направлении; когда она покидает его, - в другом. Следовательно, речь вызывает быстрые переменные токи в цепи, их продолжительность и интенсивность зависят от природы звука.

Теперь рассмотрим телефон В. Токи, проходящие через его катушку, увеличивают или уменьшают намагниченность магнита и заставляют его притягивать свою диафрагму с различной силой. Вибрация диафрагмы приводит в движение воздух в точном соответствии с вибрациями диафрагмы А, и воспроизводится речь.

ПЕРЕДАТЧИК ЭДИСОНА.

Телефон Bell можно использовать как в качестве передатчика, так и в качестве приемника, а постоянный магнетизм сердечников делает его независимым от электрической батареи. Но генерируемые им токи настолько малы, что не могут преодолеть сопротивление длинной

цепи; поэтому теперь всегда используется аккумулятор, а вместе с ним и специальное устройство в качестве передатчика.

Если в цепи, содержащей телефон и аккумулятор, ослаблен контакт, и его можно встряхнуть, изменение сопротивления контакта приведет к прохождению электрических токов различной силы по цепи. Эдисон представил первый успешный *микрофонный* передатчик, в котором небольшой платиновый диск, соединенный с диафрагмой, прижимался с различной силой к углеродному диску, каждый из которых составлял часть схемы. Колебания диафрагмы вызывали протекание тока серией быстрых пульсаций.

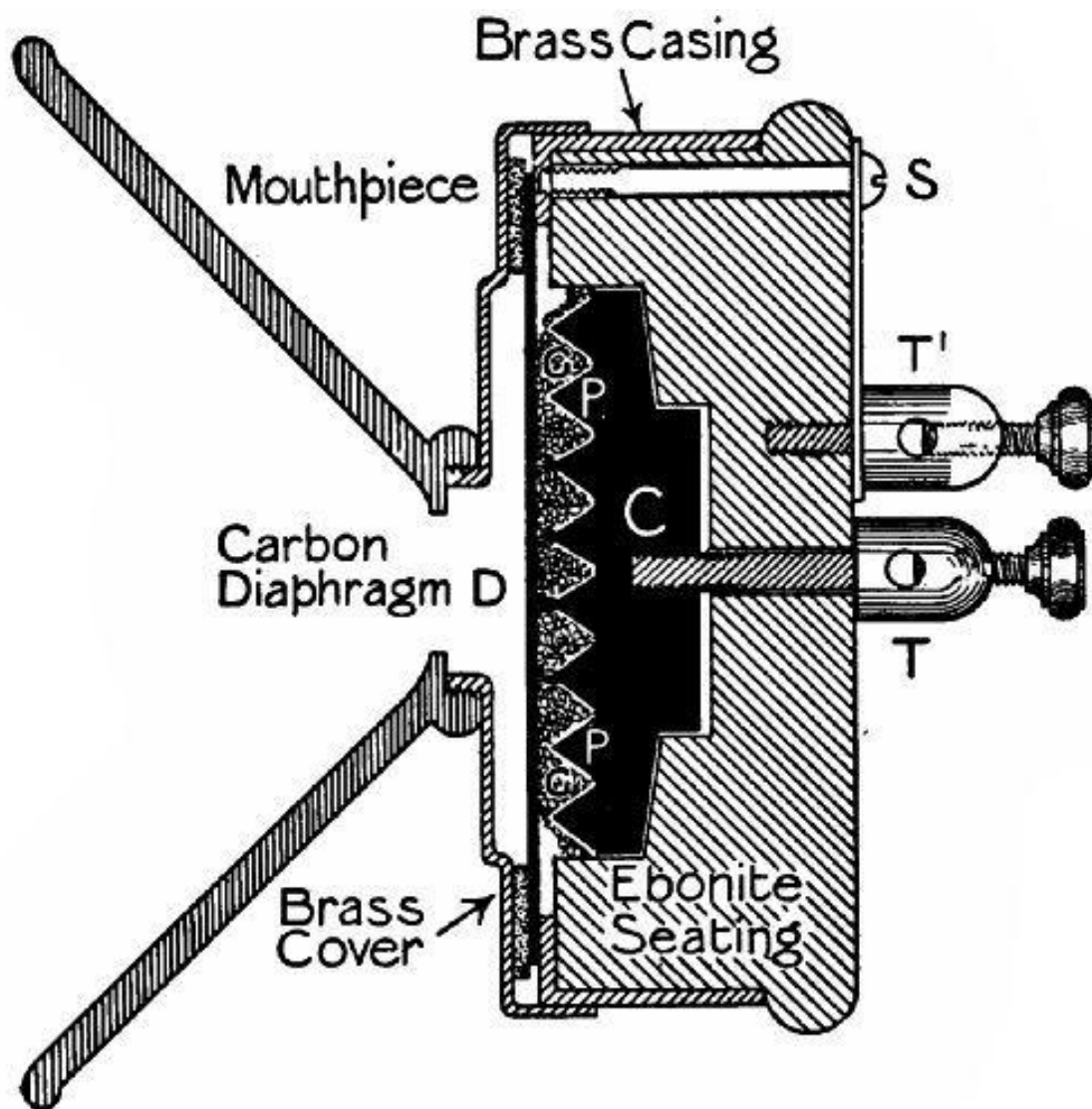


Рис. 63.Секция

преобразователя гранулированного углерода.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ГРАНУЛИРОВАННОГО УГЛЕРОДА.

На рис. 63 у нас есть секция микрофонного передатчика, который сейчас очень широко используется. В своем первоначальном виде он был изобретен английским священником по имени Ханнингс. В центральной полости эбонитового посадочного места установлен углеродный блок, С, с гранью, отформованной в виде ряда пирамидальных выступов, Р Р. Пространство между С и угольной диафрагмой, D, заполнено угольными гранулами, G. G. С имеет прямой контакт с линейным выводом Т, который ввинчивается в него; D с Т' через

латунный корпус, винт S и небольшую пластину на задней панели передатчика. Вибрации голоса сжимают G G и позволяют току более свободно проходить от D к C. Микрофон такой формы очень чувствителен и не имеет себе равных для передачи данных на большие расстояния.

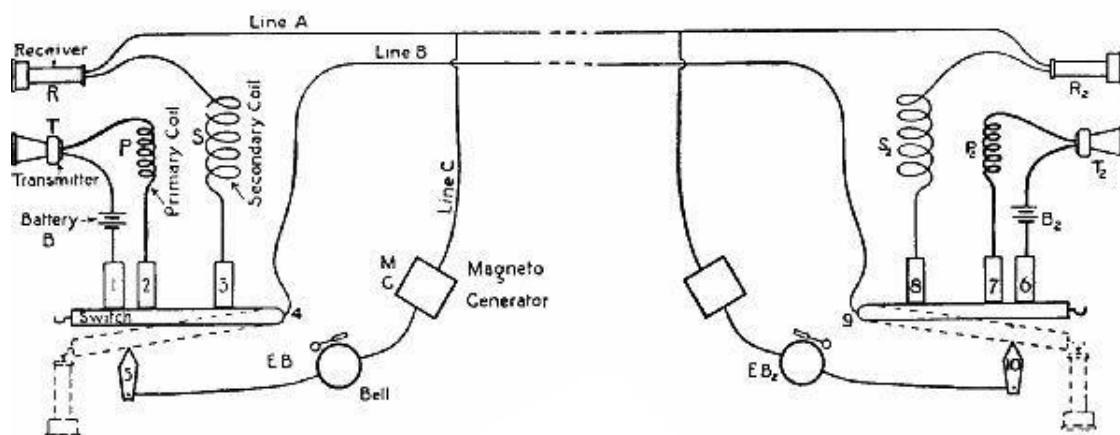


Рис. 64.

Схематическое изображение телефонной схемы.

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ.

Во многих видах абонентских приборов и приемник, и передатчик смонтированы на одной ручке таким образом, чтобы их было удобно размещать для уха и рта. Для наглядности на схематичном эскизе полной инсталляции (рис. 64) они показаны разделенными. Следует отметить, что передатчики расположены в цепях аккумуляторных батарей, включая первичные обмотки P P_2 индукционных катушек. Передатчики находятся в линейной цепи, которая включает вторичные обмотки S_2 катушек.

Мы предположим, что в первом случае оба передатчика подвешены на крючках металлических переключателей, которые под их весом опускаются в положение, указанное пунктирными линиями. Ручка магнитогенератора на левой конечной станции поворачивается, и ток проходит по замкнутой цепи: -Линия А, $E b_2$, контакт 10, выключатель 9; линии В, 4, другой выключатель, контакт 5 и $E B$. Звонят оба звонка. Теперь обе стороны снимают свои приемники с переключающих крючков. Переключатели упираются в контакты 1, 2, 3 и 6, 7, 8 соответственно. Теперь обе первичные и обе вторичные цепи завершены, а колокола отсоединены от линейных проводов. Пульсации, создаваемые передатчиком Т в первичной катушке Р, усиливаются вторичной катушкой S для передачи по линейной цепи и воздействуют на оба приемника. То же самое происходит, когда используется T_2 . В конце разговора приемники снова вешаются на крючки, и схема звонка переделывается, готовая к следующему звонку.



СТАНЦИЯ.

ТЕЛЕФОННАЯ

ДВУХЛИНЕЙНЫЕ СХЕМЫ.

Токи, используемые в телефонах, пульсируют очень быстро, но очень слабо. Электрические помехи, вызванные близостью телеграфных или трамвайных проводов, сильно мешали бы им, если бы для обратной цепи использовалась земля. Было обнаружено, что полная металлическая цепь (два провода) практически свободна от помех, хотя там, где несколько проводов подвешены к одним и тем же опорам, звуки речи могут слабо индуцироваться в одной цепи из другой. Этот дефект, однако, сводится к минимуму за счет пересечения проводов примерно между собой, так что ни одна линия не проходит вокруг соответствующего изолятора на каждом полюсе.

ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ.

В районе, где используется несколько телефонов, абоненты соединяются друг с другом через "коммутатор", к которому ведут все провода. Один провод каждого абонента проходит к общей "земле"; другой заканчивается на распределительном щите, которым руководит оператор. В системе обмена, используемой многими абонентами, терминалы распределены по нескольким коммутаторам, каждый из которых содержит от 80 до 100 терминалов, и обслуживаются оператором, обычно девушкой.

Когда абонент желает подключиться к другому абоненту, он либо поворачивает ручку генератора магнито, что приводит к опусканию затвора и выставлению его номера на обмен, либо просто нажимает клавишу, которая приводит в действие реле на обмене и зажигает крошечную электрическую лампочку. Оператор, видя сигнал, подключает свой телефон к абонентской сети и запрашивает нужный номер. Учитывая это, она звонит другому абоненту и соединяет две цепи с помощью изолированного проводного шнура, имеющего штырь на

каждом конце, чтобы соответствовать "гнездовым" гнездам клемм коммутатора. Два абонента сейчас поддерживают связь.



Рис. 65. Головной убор оператора телефонной станции. Приемник закреплен над одним ухом, а передатчик - на груди.

Если номер на коммутаторе А вызывает номер на коммутаторе С, оператор на коммутаторе А подключает своего абонента с помощью кабеля-разъема к магистральной линии, идущей к С, где оператор аналогичным образом подключает магистральную линию к запрошенному номеру после звонка абоненту. Центральная станция одного города соединена с центральной станцией другого одной или несколькими магистральными линиями, так что абонент может говорить через неопределенное количество станций. Современный телефон настолько совершенен, что писатель вспоминает, как однажды услышал звонок в дверь в

доме, расположенном более чем в сотне миль от него, с которым он в тот момент находился на телефонной связи, хотя на линии было три вызова.

ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ С ПОДВОДНЫХ ЛОДОК.

Хотя телеграфные сообщения легко передаются по кабелю длиной в тысячи миль, [16] подводная телефония в настоящее время ограничена сравнительно короткими расстояниями. Когда ток проходит по кабелю, электричество противоположной полярности, индуцируемое на внешней стороне кабеля, гасит вибрацию в проводнике. В атлантическом кабеле сильные электрические токи периодически подводятся к одному концу, и хотя они значительно ослабевают, когда достигают другого, они достаточно сильны, чтобы привести в действие очень тонкий "зеркальный гальванометр" (изобретенный лордом Кельвином), который перемещает отраженный луч вверх и вниз по экрану, направление движения которого указывает точка или тире. Обратимые токи используются в трансмариновой телеграфии. На гальванометр воздействуют так же, как на катушки и маленький магнит в игольчатом приборе Уитстоуна (стр. 128).

Телефонные токи слишком слабы, чтобы проникнуть через многие мили кабеля. Существует телефонная связь между Англией и Францией, а также Англией и Ирландией. Но трансатлантическая телефония по-прежнему остается делом будущего. Однако есть надежда, что при установке индукционных катушек через определенные промежутки времени вдоль кабелей ток можно будет "усилить" от точки к точке и таким образом передавать. Обращаясь к рис. 64, мы можем предположить, что S находится на берегу в английской оконечности, а S_2 является *первичной* обмоткой индукционной катушки в сотне миль в море, которая усиливает ослабленные вибрации для путешествия к S_3 , где они снова возрождаются; и так далее, пока не будет достигнут Новый Свет. Трудность заключается в создании индукционных катушек большой мощности, хотя и небольшого размера. Однако наука развивается в наши дни так быстро, что мы, возможно, доживем до того, чтобы услышать слова, произносимые на Антиподах.

[16] В 1896 году покойный Ли Хунг Чанг отправил телеграмму из Китая в Англию (12 608 миль) и получил ответ через *семь минут*.

Глава IX.

ДИНАМО-МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.

Простая динамо—машина постоянного тока—Многополярная динамо—машина—
Возбуждение магнитного поля—Динамо—машина переменного тока—Передача мощности—
Электродвигатель—Электрическое освещение—Лампа накаливания—Дуговые лампы—
"Последовательное" и "параллельное" расположение ламп—Ток для электрических ламп—
Гальванопокрытие.

В предыдущих главах мы случайно упоминали о преобразовании механической работы в электрическую энергию. В этой статье мы рассмотрим, как это делается — как бесшумно вращающаяся динамо-машина развивает мощность и почему двигатель вращается, когда через него пропускают ток.

Мы должны начать с того, что вернемся к нашей первой электрической схеме (рис. 50) и вспомним о невидимых "силовых линиях", которые пронизывают эфир в непосредственной близости от полюсов магнита, называемых *магнитным полем* магнита.

Много лет назад (1831) великий Майкл Фарадей обнаружил, что если проволочную петлю перемещать вверх и вниз между полюсами электромагнита (рис. 66), то в петле индуцируется ток, направление которого зависит от того, в каком направлении петля была перемещена. Энергия, необходимая для перерезания силовых линий, каким-то таинственным образом поступала в проволоку. Почему это так, мы не можем сказать, но, пользуясь этим фактом, электрики постепенно разработали огромные машины, которые теперь заставляют транспортные средства вращаться по металлическим рельсам, освещают наши улицы и дома и снабжают энергией бесчисленные фабрики.

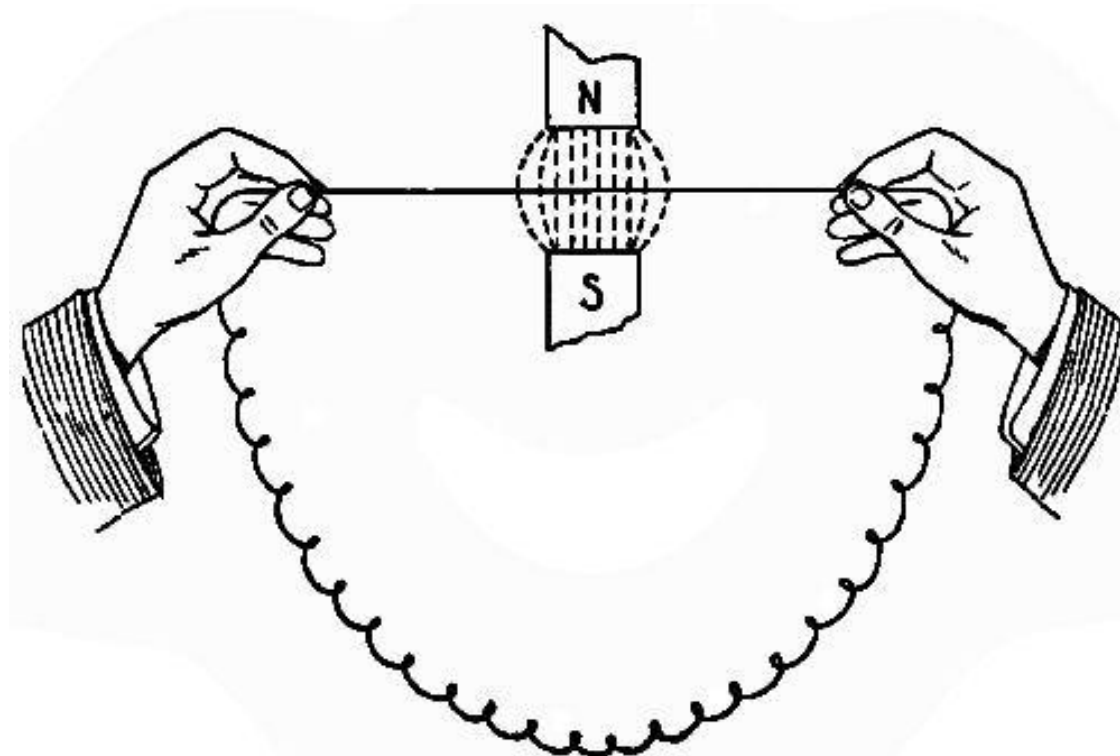


Рис. 66.

Сила тока, индуцируемого в цепи, пересекающей силовые линии магнита, называется его давлением, напряжением или электродвижущей силой (выражается коротко Э.М.Ф.). Ее можно сравнить с соотношением фунтов на квадратный дюйм пара. Подсчитано, что для получения электромагнитного поля в один вольт необходимо каждую секунду перерезать 100 000 000 силовых линий.

Напряжение зависит от трех факторов:—(1.) *Сила* магнита: чем он сильнее, тем больше количество силовых линий, исходящих от него. (2.) *Длина* проводника, пересекающего силовые линии: чем он длиннее, тем больше линий он перережет. (3.) *Скорость*, с которой движется проводник: чем быстрее он движется, тем больше линий он перережет за данное время. Отсюда следует, что мощная динамо-машина, или механический генератор тока, должна иметь сильные магниты и длинный проводник; и последний должен перемещаться с высокой скоростью поперек силовых линий.

ПРОСТАЯ ДИНАМО-МАШИНА.

На рис. 67 мы имеем динамо—машину простейшей из возможных форм - одиночный виток провода, *ш х у z*, установленный на шпинделе и прикрепленный одним концом к

изолированному кольцу C , другим - к изолированному кольцу C^1 . Две маленькие щетки, размером 1 куб. см , из проволочной сетки или карбона, непрерывно трите об эти собирающие кольца, соедините их проволокой, которая замыкает цепь. Якорь, как называют вращающуюся катушку, устанавливается между полюсами магнита, где силовые линии наиболее толстые. Предполагается, что эти линии тянутся от Северного полюса к южному.

На рис. 67 арматура достигла положения, при котором y , z и w не пересекают силовые линии или их очень мало, поскольку они движутся практически параллельно этим линиям. Это называется нулевой позицией.

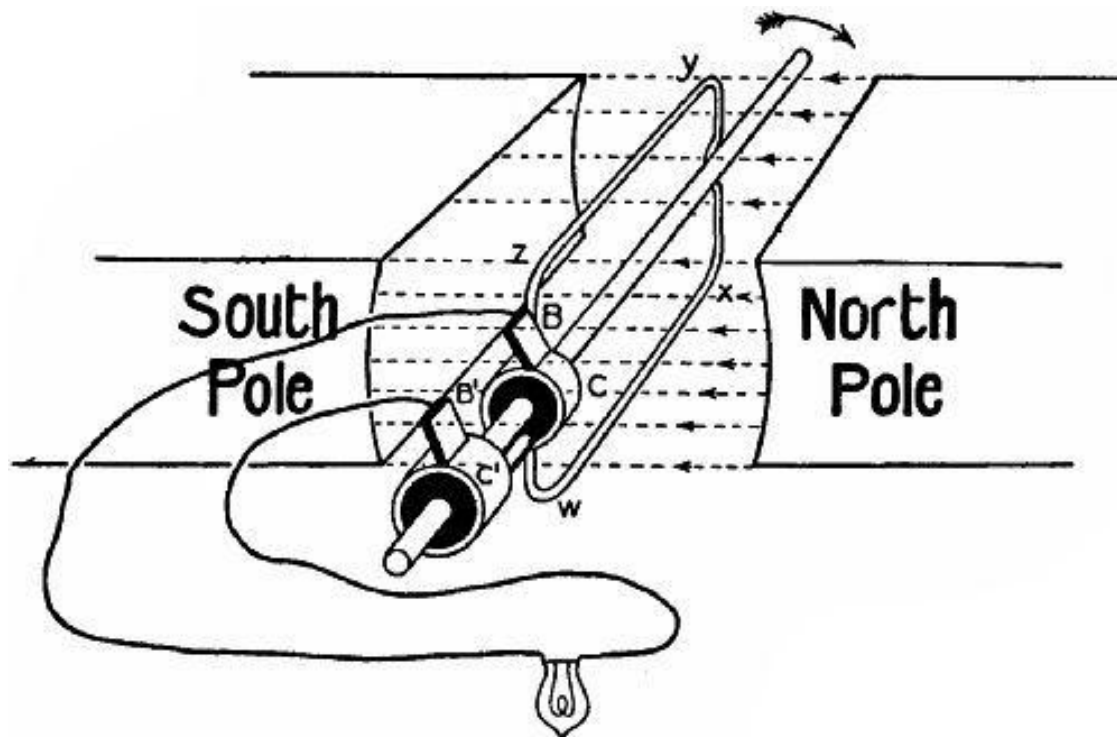


Рис. 67.

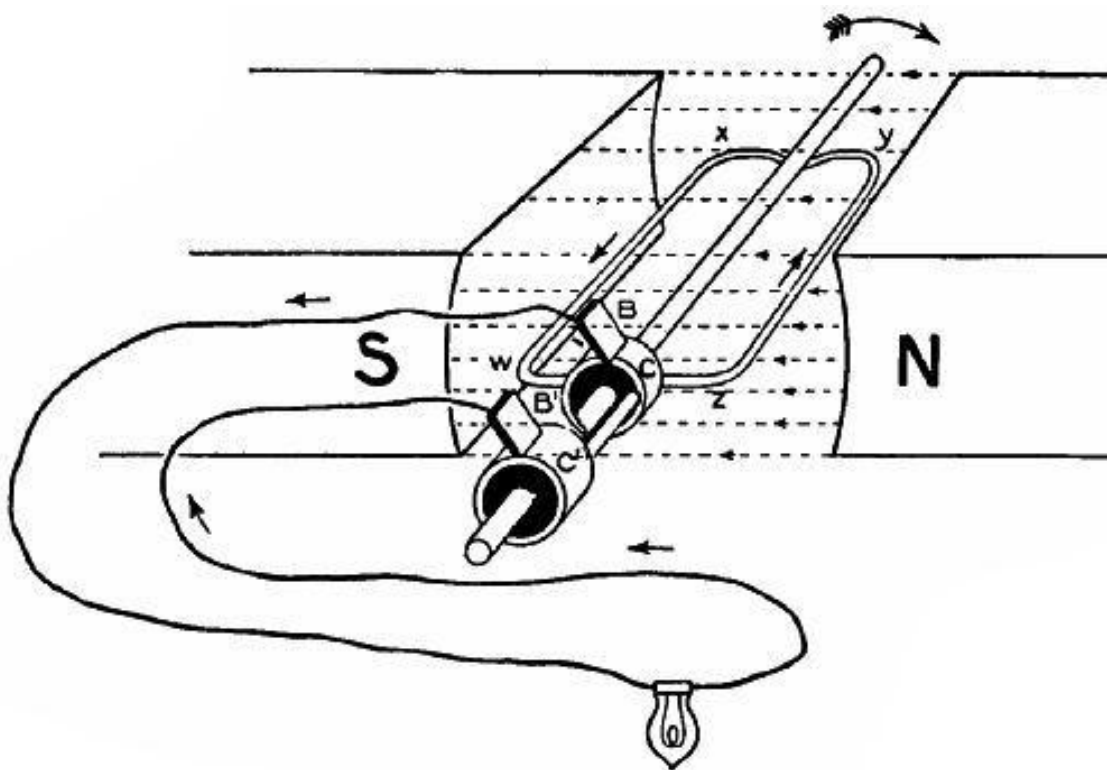


Рис. 68.

На рис. 68 якорь, движущийся под прямым углом к силовым линиям, сокращает максимальное их количество за заданное время, и, следовательно, ток, индуцируемый в катушке, сейчас наиболее интенсивен. Здесь мы должны остановиться на мгновение, чтобы подумать, как решить, в каком направлении течет ток. Якорь вращается по часовой стрелке, и, следовательно, yz движется вниз. Теперь предположим, что вы кладете свою *левую* руку на Северный полюс магнита так, чтобы рука лежала на одной линии с магнитом. Направьте указательный палец к полюсу S. Он укажет *направление силовых линий*. Согните остальные три пальца вниз за край северного полюса. Они укажут *направление, в котором проводник движется* поперек магнитного поля. Вытяните большой палец под прямым углом к указательному. Он указывает в направлении, в котором *индуцированный ток* проходит через ближайшую половину катушки. Следовательно, силовые линии, проводник и индуцированный ток проходят в плоскостях, которые, подобно верхней и двум смежным сторонам коробки, расположены под прямым углом друг к другу.

Пока ток проходит от z к y , то есть *от* кольца C^1 к y , он также проходит от x к w , потому что w *поднимается*, а y *опускается*. Таким образом, ток циркулирует через катушку и внешнюю часть цепи, включая лампу. После того, как zy преодолел минимально возможную точку круга, он начинает подниматься, w *опускается*. Таким образом, направление тока обратное; и поскольку изменение повторяется каждые пол-оборота, эта форма динамо-машины называется *генератором переменного тока* или создателем переменного тока. Хорошо известным типом генератора переменного тока является магнитоэлектрическая машина, которая посылает удары через любого, кто замыкает внешнюю цепь, держась за латунные ручки, соединенные проводами со щетками. Чем быстрее вращается ручка машины, тем чаще происходит чередование и тем сильнее ток.

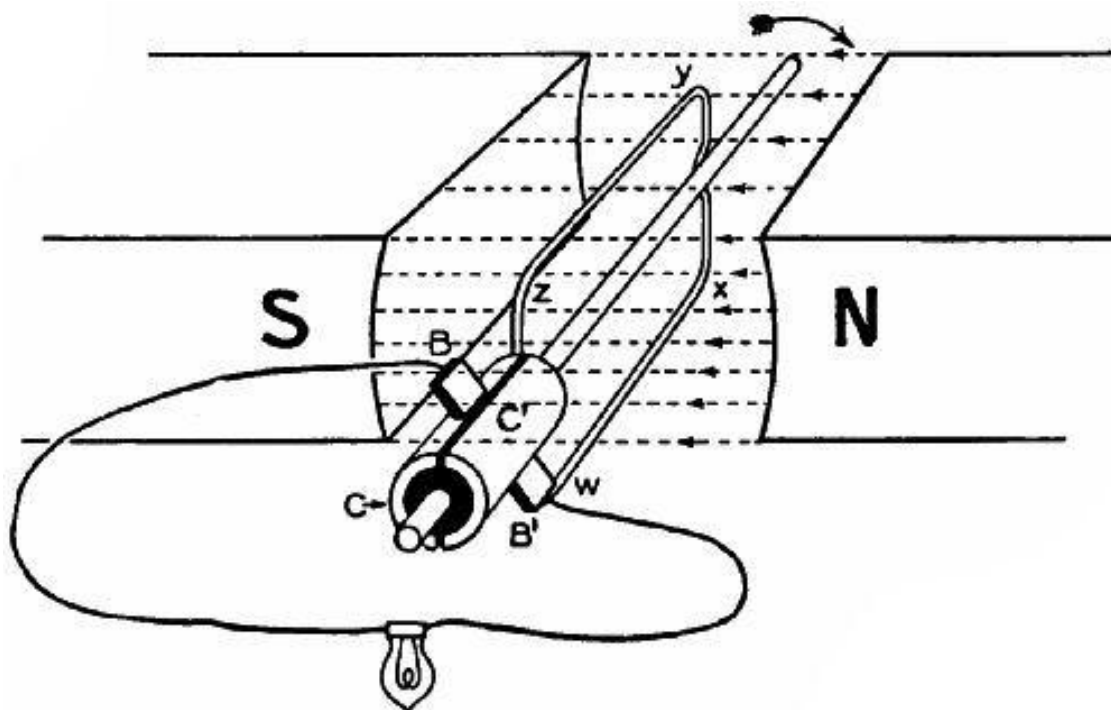


Рис. 69.

ДИНАМО-МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Переменный ток не так удобен для некоторых целей, как постоянный ток. Поэтому иногда желательно (даже необходимо) преобразовать переменный ток в однонаправленный или непрерывный ток. Как это делается, показано на рис. 69 и 70. Вместо двух собирающих колец C C^1 теперь у нас есть одно кольцо, разделенное в продольном направлении на две части, по одной из которых подсоединены к каждому концу катушки x y z . На рис. 69 кисть B только что перенесла зазор на сегмент C , кисть B^1 - на сегмент C^1 . В течение половины оборота они остаются соответственно в контакте; затем, как только yz начинает подниматься, а yx опускаться, щетки снова пересекают зазоры и меняют сегменты, так что ток постоянно течет в одну сторону по цепи. Эффект коллектора^[17], по сути, эквивалентные замены щеток коллекторных колец генератора каждый раз, когда рулон достигает нулевого положения.

На рис. 71 и 72 показаны торцевые виды в разрезе катушки и коллектора, при этом катушка находится в положении минимальной и максимальной эффективности. Стрелка обозначает направление движения; двойной пунктир обозначает коллекторный конец вращающейся катушки.

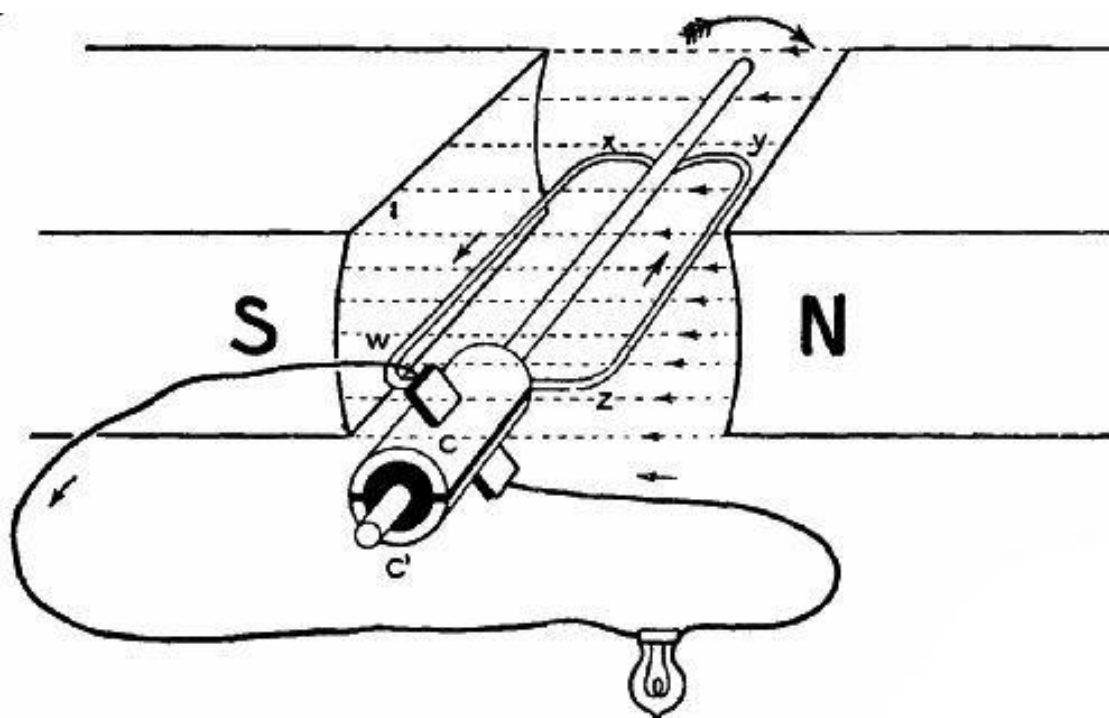


Рис. 70.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ДИНАМО-МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Электрическая мощность нашей простой динамо-машины была бы увеличена, если бы вместо одного витка провода мы использовали катушку из многих витков. Дальнейшее усовершенствование могло бы быть достигнуто за счет установки на валу, внутри катушки, железного сердечника или барабана для удержания силовых линий в пределах досягаемости вращающейся катушки. Очевидно, что любые линии, которые проходят по воздуху за пределами окружности, описываемой катушкой, не могут быть перерезаны и тратятся впустую.

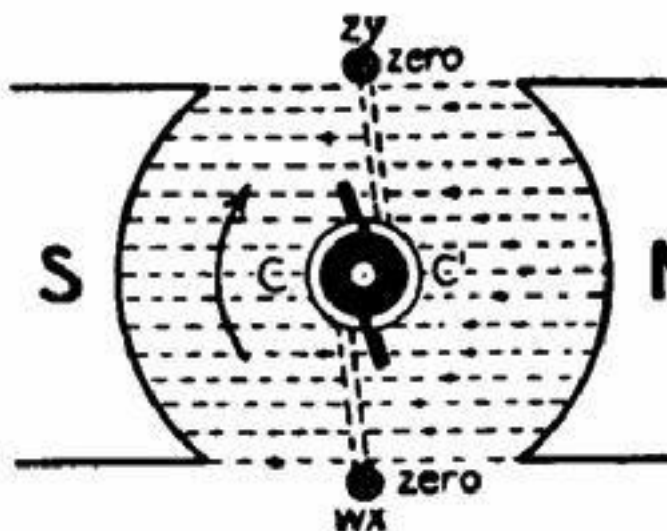


Рис. 71.

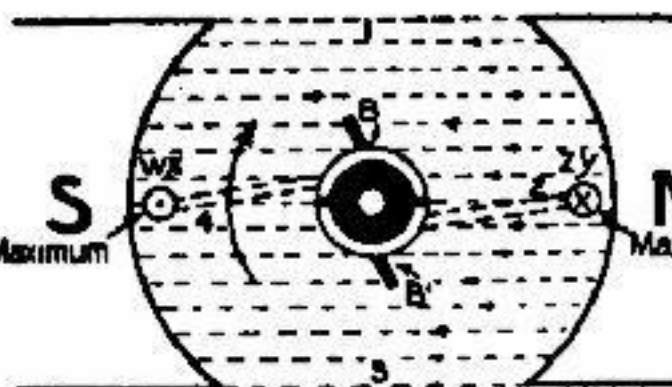


Рис. 72.

Сердечник представляет собой не сплошную массу железа, а состоит из ряда очень тонких железных дисков, навинченных на вал и изолированных друг от друга для предотвращения электрических вихрей, которые могли бы влиять на индуцированный ток в проводнике.^[18] Иногда в сердечнике от конца до конца имеются отверстия для вентиляции и охлаждения.

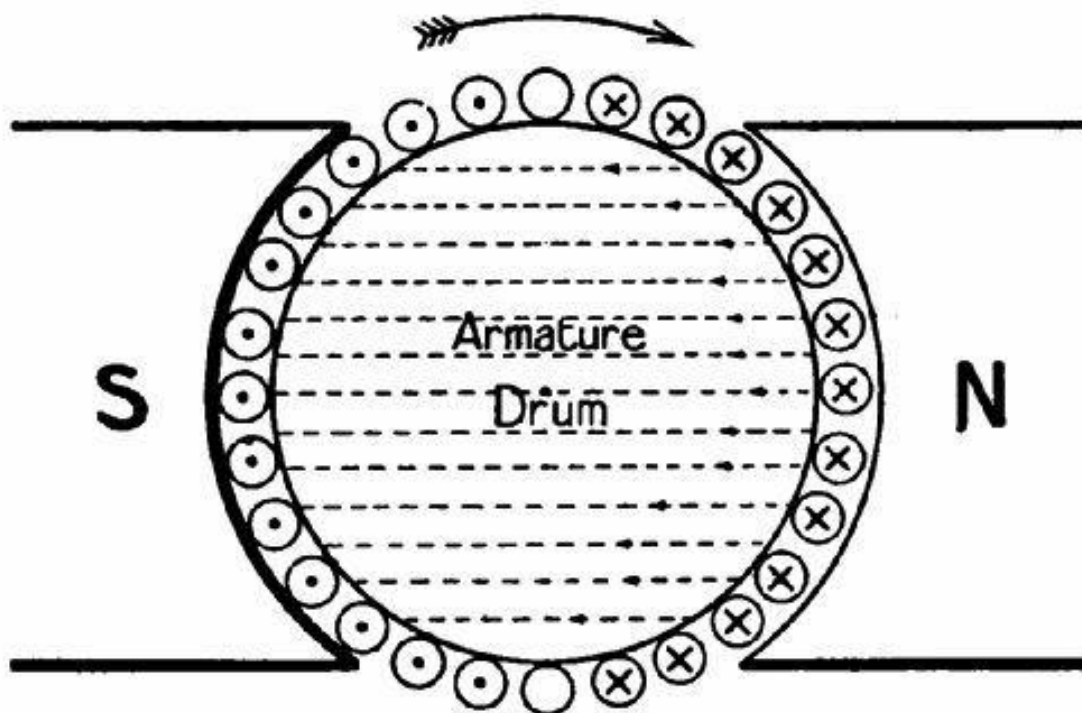


Рис. 73.

Мы уже заметили, что в случае с одной катушкой ток нарастает и спадает серией пульсаций. Такая форма якоря была бы неподходящей для больших динамо-машин, которые, соответственно, имеют несколько катушек, намотанных на барабаны на равных расстояниях по окружности, и коллектор, разделенный на равное количество сегментов. Тема намотки барабана слишком сложна для краткого рассмотрения, и поэтому мы должны довольствоваться замечанием, что катушки таким образом соединены со своими соответствующими сегментами коллектора и друг с другом, что они взаимно помогают друг другу. Беглый взгляд на рис. 73 поможет это объяснить. Здесь мы имеем в разрезе ряд проводников справа от барабана (помеченных крестиком, чтобы показать, что ток как бы течет по странице), соединенных с проводниками слева (помеченными точкой, чтобы обозначить ток, выходящий из страницы). Если бы "скрещенные" и "пунктирные" проводники были соответственно "верхним" и "нижним" витками одной катушки, заканчивающейся простым разъемным коммутатором (рис. 69), то при повороте катушки на угол 90° некоторые из верхних витков были бы восходящими, а некоторые нисходящими, так что возникали бы противоречивые токи. Тем не менее, мы хотим использовать всю поверхность барабана; и, наматывая несколько катушек указанным способом, каждая катушка, проходя нулевую точку, верхнюю или нижнюю, сразу генерирует ток в желаемом направлении и усиливает его во всех остальных витках своей собственной и других катушек на той же стороне линии, проведенной вертикально через центр. Таким образом, практически не происходит колебаний давления генерируемого тока.

Действие одной и нескольких обмоток катушки можно сравнить с действием одного и нескольких насосов. Вода выбрасывается одним насосом большими глотками, в то время как поток из трубы, питаемой несколькими насосами, расположенными последовательно, гораздо более постоянен.

МНОГОПОЛЯРНЫЕ ДИНАМО-МАШИНЫ.

До сих пор мы рассматривали магнитное поле, создаваемое только одним биполярным магнитом. Большие динамо-машины имеют четыре, шесть, восемь или более возбуждающих магнитов, установленных внутри корпуса, из которого их сердечники выступают в сторону якоря так, что почти касаются его (рис. 74). Катушки магнитов намотаны таким образом, чтобы поочередно подавать полюса N. и S. на концах якоря вокруг поля; и силовые линии от каждого полюса N. проходят в каждом направлении к двум соседним полюсам S. поперек пути прохождения катушек якоря. В динамо-машинах такого типа несколько пар коллекторных щеток снимают ток с коллектора в равноудаленных точках по его окружности.

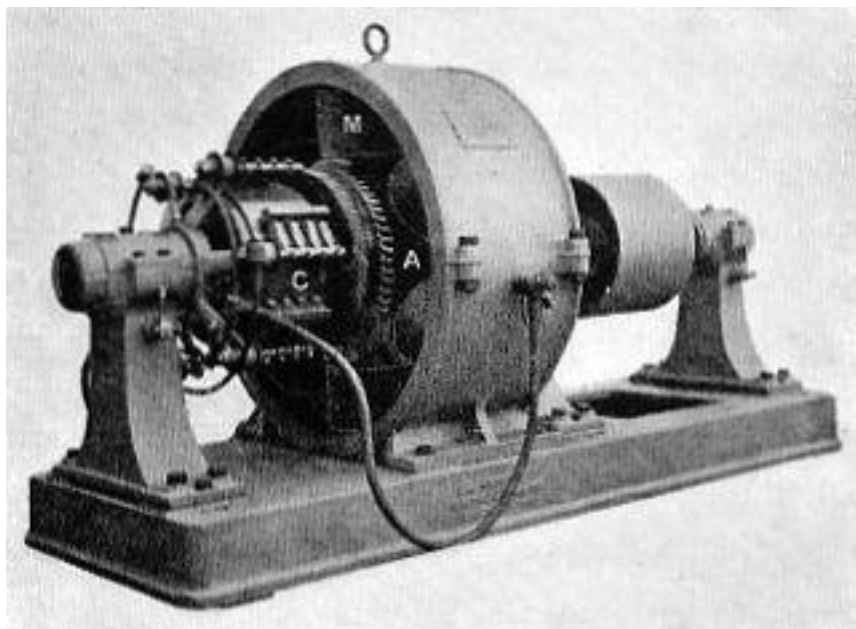


Рис. 74. Динамо—машина холмса постоянного тока: А - якорь; С - коммутатор; М - возбуждающие магниты.

ВОЗБУЖДЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

Пока ток не пройдет через катушки полевых магнитов, магнитное поле не может быть создано. Каким образом катушки снабжаются током? Динамо-машина, запускающаяся в первый раз, возбуждается током от внешнего источника; но когда она однажды начала генерировать ток, она сама питает свои магниты и всегда впоследствии будет самовозбуждающейся,^[19] из-за остаточного магнетизма, оставшегося в сердечниках магнитов.

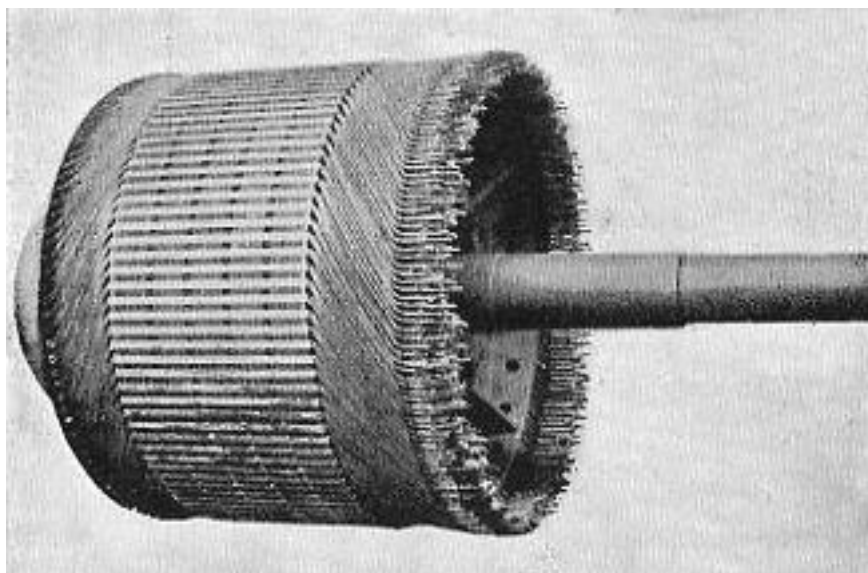


Рис. 75. Частично готовый

коллектор.

Посмотрите внимательно на рис. 77 и 78. На первом из них вы увидите, что часть провода, образующего внешнюю цепь, намотана на плечи возбуждающего магнита. Это называется *последовательной* намоткой. В этом случае *весь* генерируемый ток помогает возбудить динамо-машину. В начале остаточный магнетизм сердечников магнитов создает слабое поле. Катушки якоря отключают это и пропускают ток через цепь. Магниты дополнительно возбуждаются, и поле становится сильнее; и так далее, пока динамо-машина не разовьет полную мощность. Последовательная обмотка используется там, где требуется, чтобы ток во внешней цепи был очень постоянным.

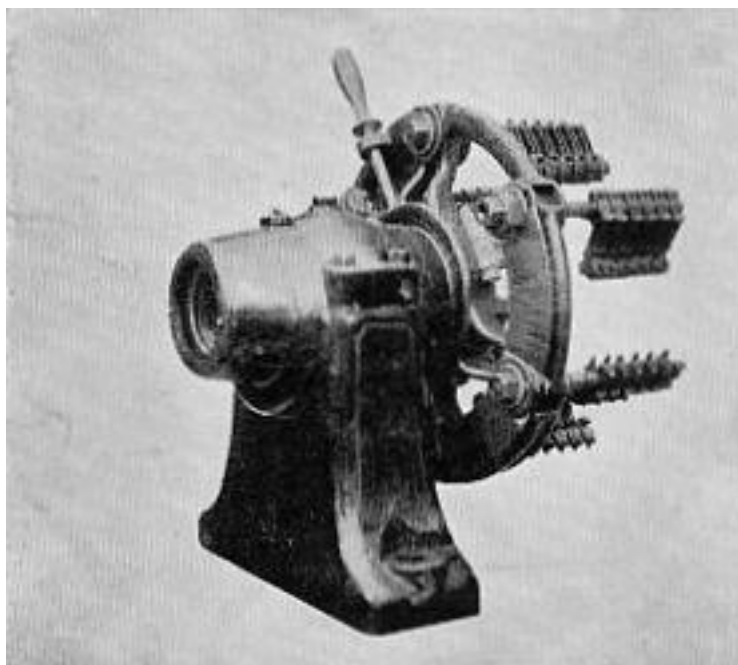


Рис. 76. Щетки динамо—машины Холмса.

На рис. 78 показан другой способ намотки — *шунтирование*. Большая часть генерируемого тока проходит через внешнюю цепь 2,2; но часть переключается через отдельную обмотку для магнитов, обозначенную тонкой проволокой 1,1. Здесь сила магнетизма не изменяется напрямую в зависимости от тока, поскольку только небольшая часть тока питает магниты.

Поэтому шунтирующая обмотка используется там, где напряжение (или давление) должно быть постоянным.

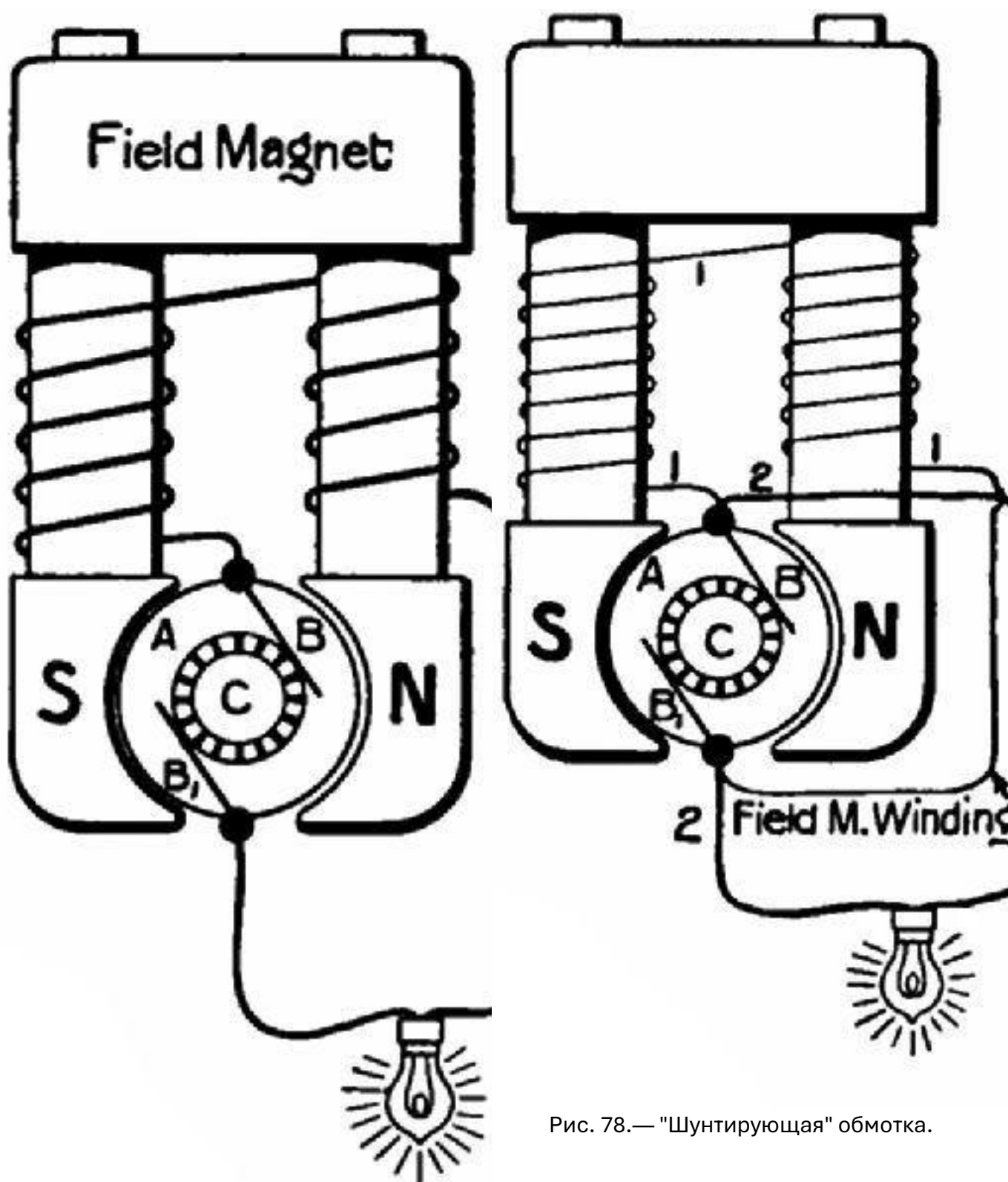


Рис. 78.— "Шунтирующая" обмотка.

Рис. 77.—Эскиз, показывающий "серийную" обмотку.

Третий метод представляет собой комбинацию двух уже названных. Вокруг магнитов от щетки к щетке проходит обмотка из тонкой проволоки; существует также последовательная

обмотка, как показано на рис. 77. Этот составной метод в большей степени приспособлен для электрической тяги.

ЧЕРЕДУЮЩИЕСЯ ДИНАМО-МАШИНЫ.

У них есть магнитное поле, возбуждаемое отдельным динамо-машиной постоянного тока небольшого размера. Возбуждающие магниты обычно вращаются внутри неподвижного якоря (обратное расположение в генераторе постоянного тока); или может быть неподвижный центральный якорь и возбуждающие магниты, вращающиеся снаружи него. Это последнее устройство встречается на крупных электростанциях у Ниагарского водопада, где огромные полевые кольца установлены на верхних концах вертикальных шахт, приводимых в движение водяными турбинами на дне шахт глубиной 178 футов, по которым вода подается к турбинам по большим трубам, или напорным штокам. Вес каждого вала и присоединенного к нему кольца возбуждения составляет около тридцати пяти тонн. Эта масса вращается 250 раз в минуту, и динамо-машина постоянно развивает 5000 лошадиных сил. Аналогичные динамо-машины мощностью по 10 000 лошадиных сил каждая были установлены на канадской стороне водопада.

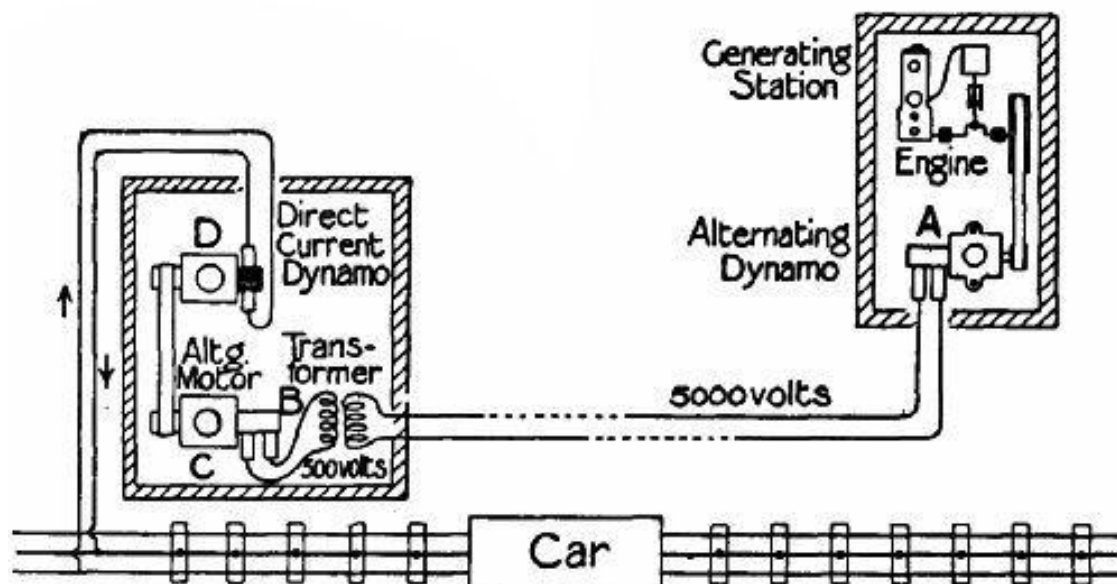


Рис. 79.

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ.

Переменный ток используется там, где необходимо передавать мощность на большие расстояния, поскольку такой ток может быть усилен трансформатором, несколько похожим по принципу на катушку Ruhmkorff *минус* контактный выключатель (см. стр. 122). Типичный пример преобразования показан на рис. 79. Переменный ток напряжением 5000 Вольт создается на генерирующей станции и передается по проводам на удаленную станцию, где трансформатор В снижает давление до 500 Вольт для приведения в действие двигателя переменного тока С, который, в свою очередь, приводит в действие динамо-машину постоянного тока D. У этой динамо-машины клемма + соединена с изолированным или "находящимся под напряжением" рельсом электрической железной дороги, а клемма – с колесными рельсами, которые металлически соединены на стыках, чтобы действовать как "возврат". На своем пути от токоведущего провода к обратному ток проходит через двигатели. В случае трамваев проводником является либо кабель, протянутый над головой по

стандартам, от которого он проходит к двигателю через рычаг тележки, либо рельс, проложенный под землей в трубопроводе между рельсами. В верхней части трубопровода имеется щель, через которую из вагона выступает рычаг с контактным башмаком на конце. Башмак непрерывно трется о рельс под напряжением при движении вагона.

Вернемся на мгновение к вопросу о трансформации тока. "Почему, - могут спросить, - нам не следует посылать *постоянный* ток низкого давления на удаленную станцию прямо от динамо-машины, вместо того чтобы изменять ее природу и давление?" Или, во всяком случае, почему бы не использовать постоянный ток высокого давления и не преобразовать его?" Ответ заключается в том, что для передачи большого количества электрической энергии при низком давлении (или напряжении) потребуется большой объем (или *сила тока*) и большой и дорогой медный проводник для ее передачи. Постоянный ток высокого давления вырабатывается нелегко, поскольку возникают проблемы с искрообразованием на коллекторных щетках, когда они проходят над сегментами коллектора. Поэтому инженеры предпочитают переменный ток высокого давления, который легко вырабатывается и может передаваться по небольшому и недорогому проводнику с небольшими потерями. Также его напряжение может быть преобразовано устройством, не имеющим вращающихся частей.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ.

Любой, кто разбирается в динамо-машине, также сможет понять электродвигатель, который представляет собой всего лишь динамо-машину с обратным ходом.

Представьте на рис. 70 динамо-машину, заменяющую лампу и пропускающую ток через щетки и коммутатор в катушку *шхуз*. Теперь любая катушка, через которую проходит ток, становится магнитом с N. и S. полюсами на обоих концах. (На рис. 70 мы предположим, что полюс N. находится ниже, а полюс S. - над катушкой.) Таким образом, полюса катушки стремятся к противоположным полюсам постоянного магнита, и катушка вращается до тех пор, пока ее S. полюс не будет обращен к N. магниту, и *наоборот*. Силовые линии катушки и магнита теперь параллельны. Но импульс вращения продолжает вращать катушку, и внезапно коммутатор меняет свою полярность, и происходит еще пол-оборота. Затем следует дальнейший разворот, и так далее *до бесконечности*. Таким образом, вращение двигателя - это всего лишь вопрос отталкивания и притяжения сходных и непохожих полюсов. Обычную стрелку компаса можно превратить в крошечный мотор, поднося северный и южный полюса магнита к его северному и южному полюсам попеременно каждые пол-оборота.

По конструкции и намотке двигатель практически ничем не отличается от динамо-машины. Фактически, любая машина может выполнять обе функции, хотя, возможно, и не одинаково хорошо приспособлена для обеих. Двигатели могут работать на постоянном или переменном токе, в зависимости от их конструкции.

На электромобилях двигатель обычно подвешен к колесной тележке, и маленькая шестерня на валу якоря соединяется с большой шестерней на колесной оси. Одним из больших преимуществ электрической тяги является то, что каждое транспортное средство поезда может иметь свой собственный двигатель, так что весь вес поезда может быть использован для удержания рельсов при трогании с места. Там, где используется единственный паровоз, сцепление его ведущих колес доступно только для преодоления инерции груза; и вся нагрузка при трогании с места ложится на передние сцепные устройства. Другие преимущества можно суммировать следующим образом: — (1) Простота запуска и быстрого ускорения; (2) отсутствие потерь энергии (в виде сжигания топлива) при остановке транспортных средств; (3) отсутствие дыма и запаха.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.

Динамо-машины используются для выработки тока в двух основных целях — (1) Для подачи энергии на двигатели всех видов; (2) для освещения наших домов, фабрик и улиц. В частных домах и театрах обычно используются лампы накаливания; на открытом воздухе, в магазинах и в более крупных зданиях, таких как железнодорожные станции, чаще встречается дуговая лампа.

ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ.

Если вы возьмете кусок очень тонкой железной проволоки и проведете ею по клеммам аккумулятора, она раскалится добела и расплавится из-за тепла, выделяемого ее сопротивлением току. Кусок тонкой платиновой проволоки раскалится бы добела, не расплавляясь, и излучал бы интенсивный свет. Здесь мы имеем дело с принципом свечения или лампы накаливания, а именно с включением в электрическую цепь проводника, который одновременно обеспечивает высокое сопротивление току, но не разрушается при выделении тепла.

На рис. 80 показан вентилятор, постоянно разгоняющий жидкость по трубе. Предположим, что жидкость создает сильное трение внутри трубы. При сжатии, где скорость движения намного больше, чем в любом другом месте контура, будет выделяться больше всего тепла.

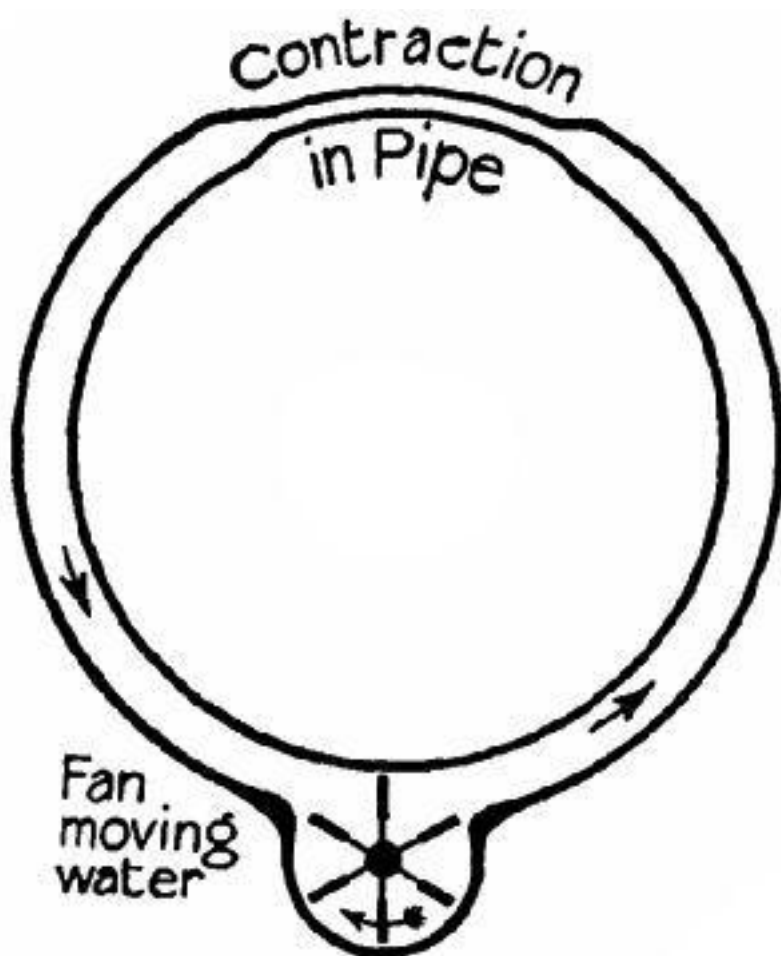


Рис. 80. Схема, показывающая

циркуляцию воды по трубе.

На заре создания ламп накаливания было обнаружено, что платиновая проволока ненадежна при плавлении, и теперь используются углеродные нити. Чтобы предотвратить разрушение углерода при соединении с кислородом, нить накала заключена в стеклянную колбу, из которой ртутным насосом перед герметизацией отсасывается практически весь воздух.

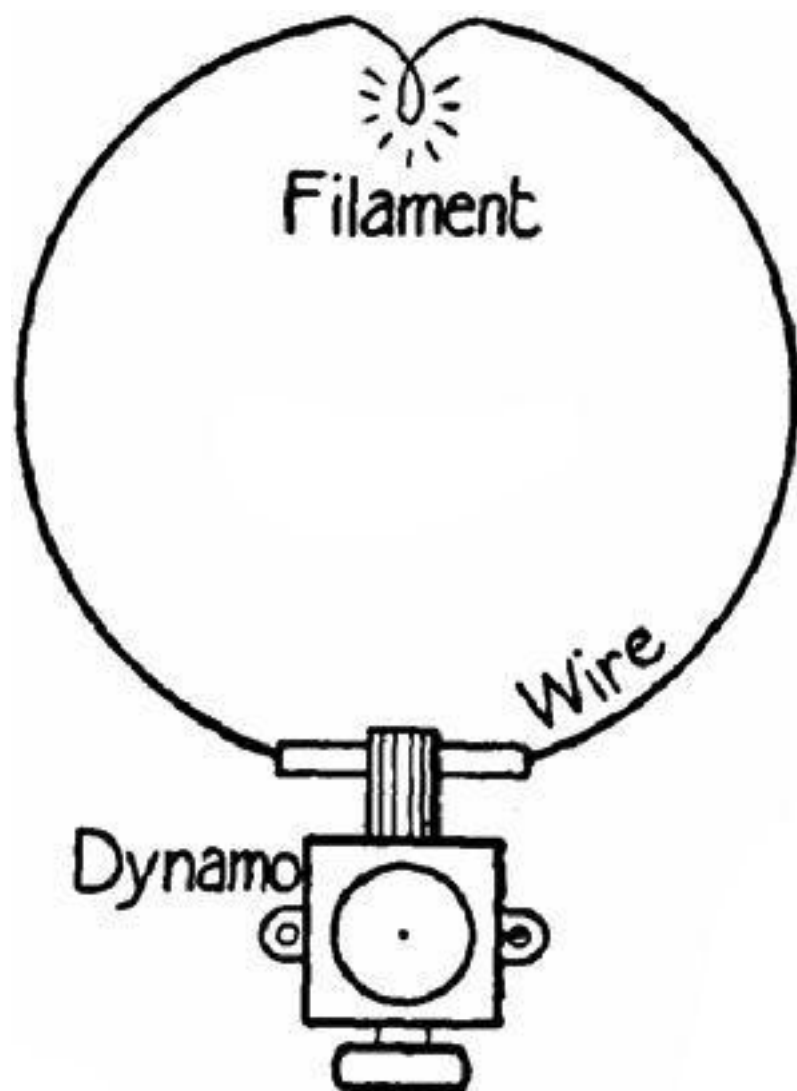


Рис. 81.—Электрический аналог рис.

80. Нить накала занимает место сужения в трубе.

Производство ламп накаливания в настоящее время является важной отраслью промышленности. Одна марка лампы[20] изготавливается следующим образом: —Сначала вату растворяют в хлориде цинка и образуют патоковый раствор, который через тонкую форсунку впрыскивают в отстойный раствор, который затвердевает и заставляет ее сворачиваться, как очень тонкая скрипичная струна. После промывки и сушки его наматывают на стержень из свинца и обжигают в печи до тех пор, пока не останется только углеродный элемент. Это нить накала в грубом виде. Затем его снимают со стержня и закрепляют двумя короткими кусочками тонкой платиновой проволоки. Чтобы сделать соединение электрически совершенным, нить накала погружают в бензин и нагревают до белизны пропусканием сильного тока, который осаждает углерод бензина на стыках. Теперь нить накала помещают под стеклянный ресивер воздушного насоса, выпускают воздух, вводят пары гидроуглерода, и через нить накала пропускают ток, который раскаляет ее добела. Углерод из паров осаждается по всей нити накала до тех пор, пока не будет достигнуто требуемое электрическое сопротивление. Теперь нить накала готова для

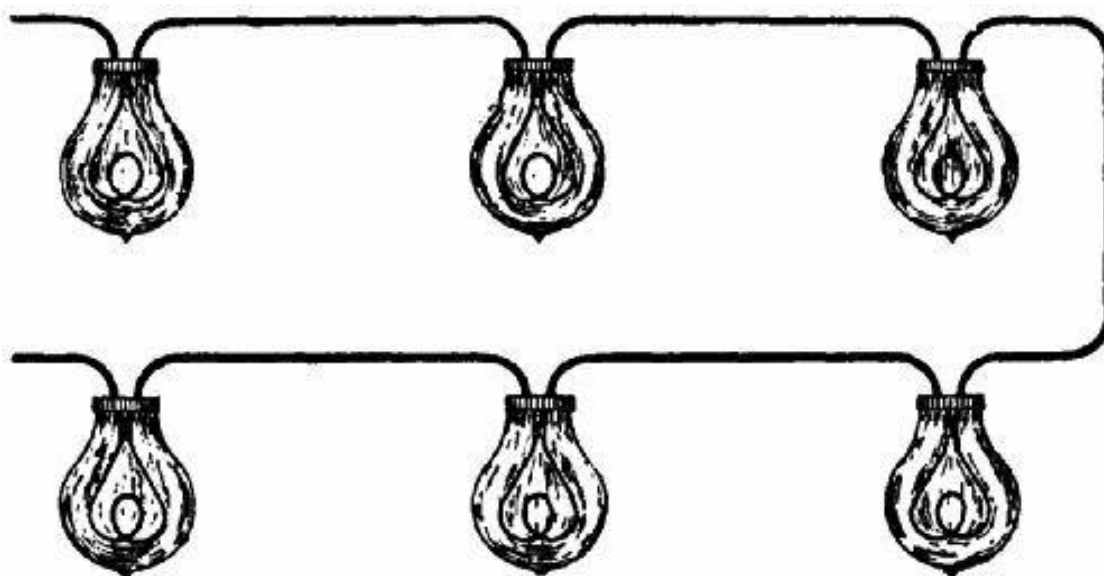
установки в лампу накаливания. Когда лампочка разрядилась и запечатана, лампа проходит тестирование и, в случае положительного результата, отправляется в отдел отделки, где два платиновых провода (выступающих через стекло) припаиваются к паре латунных пластин, которые соприкасаются с двумя выводами в гнезде лампы. Наконец, латунные колпачки крепятся специальным водонепроницаемым и твердым цементом.

ДУГОВЫЕ ЛАМПЫ.

При *дуговом* освещении вместо сжатия в определенной точке цепи происходит фактический разрыв очень небольшой величины. Предположим, что к концам проводов, идущих от клемм динамо-машины, мы прикрепляем два угольных стержня и соприкасаем концы стержней друг с другом. Кончики раскаляются добела, и если их слегка разделить, атомы раскаленного углерода перескакивают с положительного стержня на отрицательный непрерывным и интенсивно светящимся потоком, который называется *дугой*, потому что путь частиц изогнут. Дуга не образовалась бы, если сначала не прикоснуться к углероду, чтобы начался накал. Если они расположены слишком далеко друг от друга, чтобы сила тока могла преодолеть разрыв, лампочка замигает или погаснет. Таким образом, дуговая лампа снабжена механизмом, который при отключении тока заставляет угли падать вместе, постепенно разделяет их при включении и удерживает на расстоянии друг от друга. Используемый принцип заключается в усилии катушки, по которой проходит ток, втягивать железный стержень в ее центр. Часть тока, питающего лампу, шунтируется через катушку, в которую входит один конец железного стержня, соединенного с одним угольным наконечником. Пружина обычно прижимает точки друг к другу, когда ток не течет. Как только ток циркулирует по катушке, стержень прижимается к пружине вверх.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛАМП.

Когда ток проходит от одной лампы к другой, как показано на рис. 82, считается, что лампы расположены *последовательно*. Если одна лампа выйдет из строя, все в цепи погаснет. Но там, где дуговые лампы устроены таким образом, специальный механизм на каждой лампе "замыкает" ее в случае выхода из строя, так что ток может непрерывно передаваться к следующей.

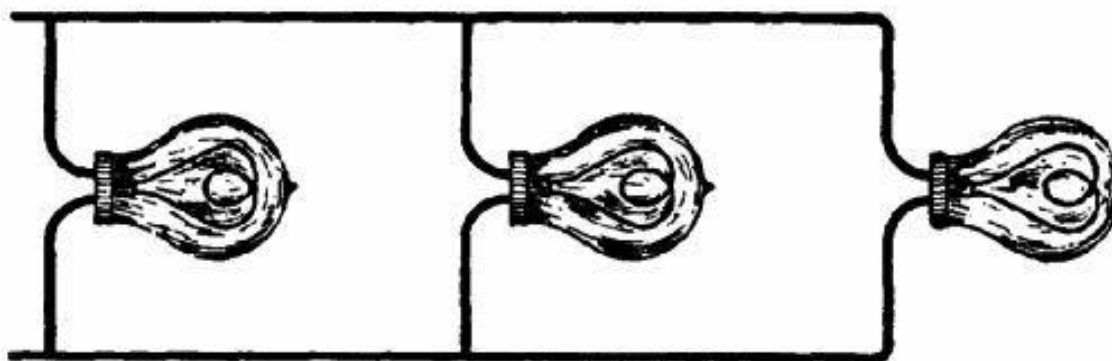


Series

Рис. 82. Лампы

накаливания, соединенные "последовательно".

На рис. 83 показано несколько ламп, установленных *параллельно*. Один вывод каждой из них присоединен к положительному проводу, другой - к отрицательному. Таким образом, каждая лампа образует независимый мост и не влияет на эффективность остальных. *Параллельный ряд* обозначает комбинацию двух систем и был бы проиллюстрирован, если бы на рис. 83 две или более ламп были соединены последовательными группами от одного проводника к другому. Такое устройство часто используется в дуговом освещении.



Parallel

Рис. 83.—

Лампы накаливания, соединенные "параллельно".

ТОК ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП.

Это может быть как прямое, так и попеременное воздействие. Первый обычно используется для дуговых ламп, второй - для ламп накаливания, поскольку его легко отключать от сети высокого давления для использования в домашних условиях. Лампы накаливания обычно потребляют ток напряжением 110 или 250 вольт.

В дуговых лампах, питаемых постоянным током, наконечник положительного углерода имеет углубление в форме чаши, в то время как отрицательный наконечник заострен. Большая часть света исходит от внутренней поверхности чаши, и поэтому положительный углерод

расположен сверху, чтобы направлять свет вниз. Переменный ток, конечно, воздействует на оба атома углерода одинаковым образом, и чаши нет.

Угли нуждаются в частой замене. Мощная лампа использует около 70 футов стержня за 1000 часов, если дуга находится на воздухе. Некоторые лампы имеют частично закрытые дуги, то есть окружены шариками, перфорированными единственным маленьким отверстием, что делает горение очень медленным, хотя и предотвращает образование вакуума.

НАНЕСЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ.

Гальванопокрытие - это искусство нанесения покрытий на металлы с помощью электричества. Серебро, медь и никель - металлы, которые чаще всего наносятся. Покрываемое изделие суспендируют в химическом растворе осаждаемого металла. На рис. 84 показан очень простой способ нанесения покрытия. А - аккумуляторная батарея; Б - сосуд, содержащий, скажем, подкисленный раствор сульфата меди. Ложка S, подвешенная на стеклянном стержне R, соединена с цинковым или отрицательным элементом Z батареи, а медная пластина P - с положительным элементом C. Ток течет в направлении, указанном стрелками, от Z к C, C к P, P к S, S к Z. Медь, осажденная из раствора на ложке, заменяется постепенным растворением тарелки, так что последняя служит двойной цели.

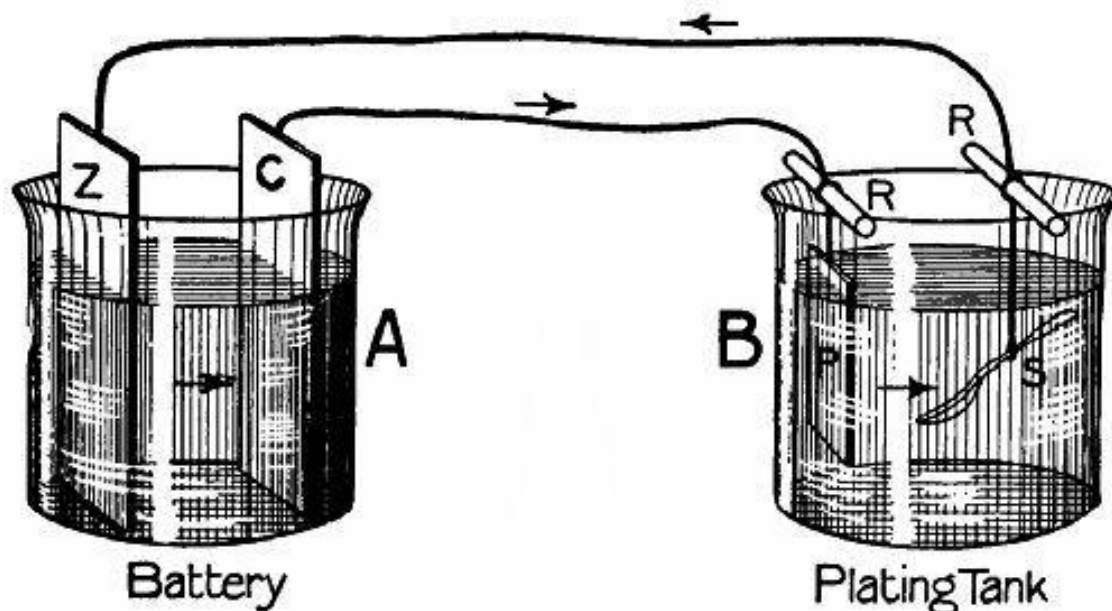


Рис. 84.

Оборудование для нанесения гальванических покрытий.

При серебрении P - это серебро, а раствор one - цианистый калий и соли серебра. Там, где никель или серебро необходимо нанести на железо, изделие часто предварительно покрывают медью, поскольку железо плохо соединяется ни с одним из первых двух металлов, но имеет сродство к меди.

[17] От латинского *commuto*, "Я обмениваюсь".

[18] Здесь рассматривается только якорь "барабанного" типа.

[19] Это относится только к динамо-машинам постоянного тока.

[20] Робертсон.

Глава X.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТОРМОЗА.

Вакуумный автоматический тормоз —воздушный тормоз Westinghouse.

На заре существования железной дороги остановка поезда требовала отключения подачи пара, пока место остановки находилось еще на большом расстоянии. Поезд постепенно терял скорость, и этот процесс был в сравнительно небольшой степени ускорен благодаря завинчивающимся тормозам на локомотиве и фургоне охранника. Современный товарный поезд во многих случаях все еще придерживается этой практики, давно устаревшей в пассажирских перевозках.

Прогресс был достигнут, когда цепь, проходящая по всей длине поезда, была устроена таким образом, чтобы натягивать вспомогательные цепи, отходящие под каждым вагоном, и приводные рычаги, соединенные с тормозными колодками, нажимающими на каждую пару колес. Охранник натянул главную цепь с помощью колесной передачи в своем фургоне. Эта система была, однако, радикально неполноценной, поскольку, если бы какая-либо одна ответвленная цепь была короче остальных, только она получила бы нагрузку. Более того, очевидно, что обрыв главной цепи привел бы к обесточиванию всего устройства. Соответственно, были опробованы тормоза, приводимые в действие паром. Под каждым вагоном был установлен цилиндр, соединенный с главной паровой трубой, проходящей под поездом. Когда машинист пожелал включить тормоза, он подал пар высокого давления в трубопровод поезда, и пар, проходя в тормозные цилиндры, вытеснил из каждого поршень, приводящий в действие тормозной механизм. К сожалению, пар во время прохождения по трубе конденсировался и в холодную погоду не достигал задних вагонов. В трубах образовывалась вода, которая могла замерзнуть. Если поезд случайно разъехался, аппарат, конечно, выходил из строя.

Были опробованы гидравлические тормоза, но они вызывают ряд возражений, и инженеры железных дорог в настоящее время используют давление воздуха как наиболее подходящую форму приведения в действие. Какая бы пневматическая система ни использовалась, опыт показывает, что важны три характеристики: —(1.) Тормоза должны быть "выключены" искусственно. (2.) В случае случайного расхождения поездов тормоза должны быть задействованы автоматически и быстро остановить все транспортные средства поезда. (3.) Должна быть возможность нажимать на тормоза с большим или меньшим усилием, в зависимости от потребностей конкретного случая.

В настоящее время та или иная из двух систем используется практически на всех автомобилях с автоматическим торможением. Они известны как: (1) *Вакуумный автомат*, использующий давление атмосферы на поршень, с другой стороны которого механически выпущен воздух; и (2) *автомат Westinghouse*, использующий сжатый воздух. Действие этих тормозов теперь будет объяснено как можно проще.

ВАКУУМНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ТОРМОЗ.

Под каждой тележкой расположена вакуумная камера (рис. 85), установленная на цапфах, Е Е, так что она может немного раскачиваться при нажатии на тормоза. Внутри камеры находится цилиндр, поршень которого становится герметичным благодаря резиновому кольцу, перекатывающемуся между ним и стенками цилиндра. Шток поршня проходит через герметичный сальник в нижней части корпуса, а когда он поднимается, приводит в действие

тормозные стержни. Очевидно, что если выпустить воздух с обеих сторон поршня одновременно, поршень опустится из-за своего собственного веса и веса своих приспособлений. Если воздух теперь будет подан под поршень, последний будет выталкиваться вверх с максимальным давлением 15 фунтов. на квадратный дюйм. Шаровой кран гарантирует, что, хотя воздух может всасываться с обеих сторон поршня, он может поступать только на нижнюю сторону.

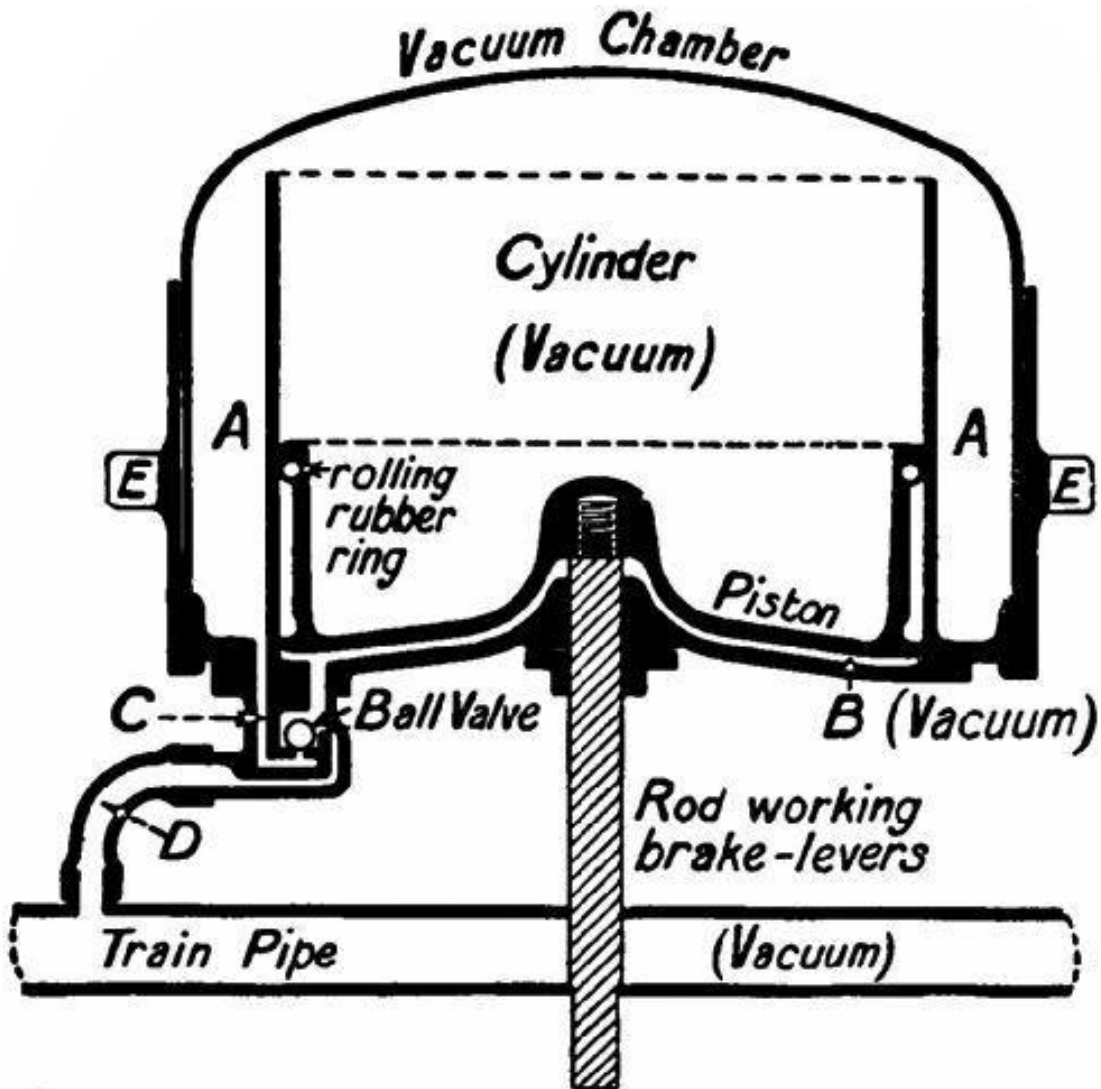


Рис. 85.—

Вакуумный тормоз "выключен".

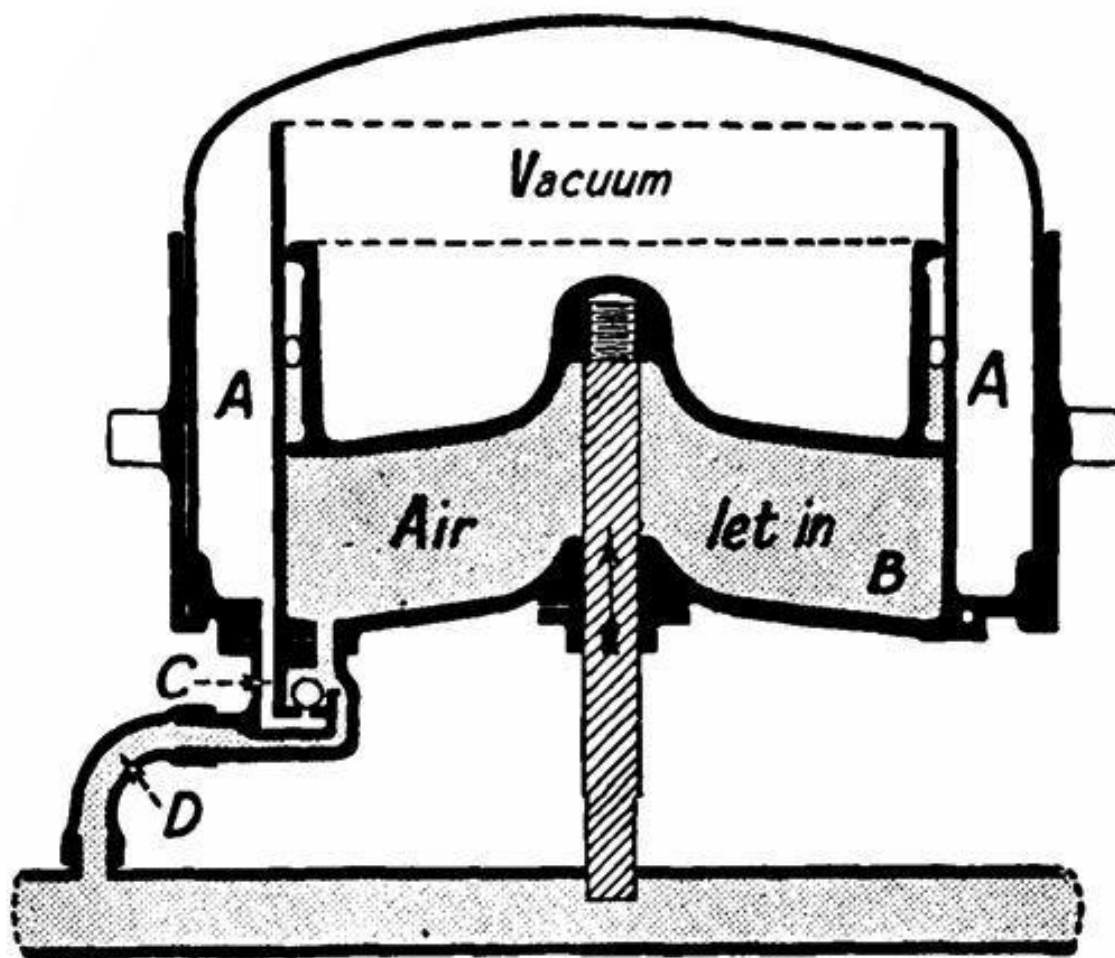


Рис. 86.—

Вакуумный тормоз "включен".

Давайте представим, что поезд стоит на запасном пути и что воздух постепенно заполняет вакуумную камеру из-за утечки. Двигатель включен, и машинист сразу же включает паровой эжектор,^[21] который высасывает весь воздух из труб и камер по всему поезду. Воздух всасывается непосредственно с нижней стороны поршня по трубе D; и из пространства Aa и цилиндра (открытого сверху) по каналу C, поднимая шарик, который, как только происходит полное опорожнение или когда давление с обеих сторон поршня становится равным, возвращается на свое место. При поступлении воздуха в трубопровод он устремляется через D в пространство B (рис. 86) под поршнем, но не может пропустить шарик, так что на поршень оказывается сильное давление вверх, и срабатывают тормоза. Чтобы сбросить их, пространство под поршнем должно быть исчерпано. Следует отметить следующее: при наличии утечки, как в случае с разездом поезда, *сразу же включаются тормоза*, поскольку вакуум под поршнем автоматически нарушается.

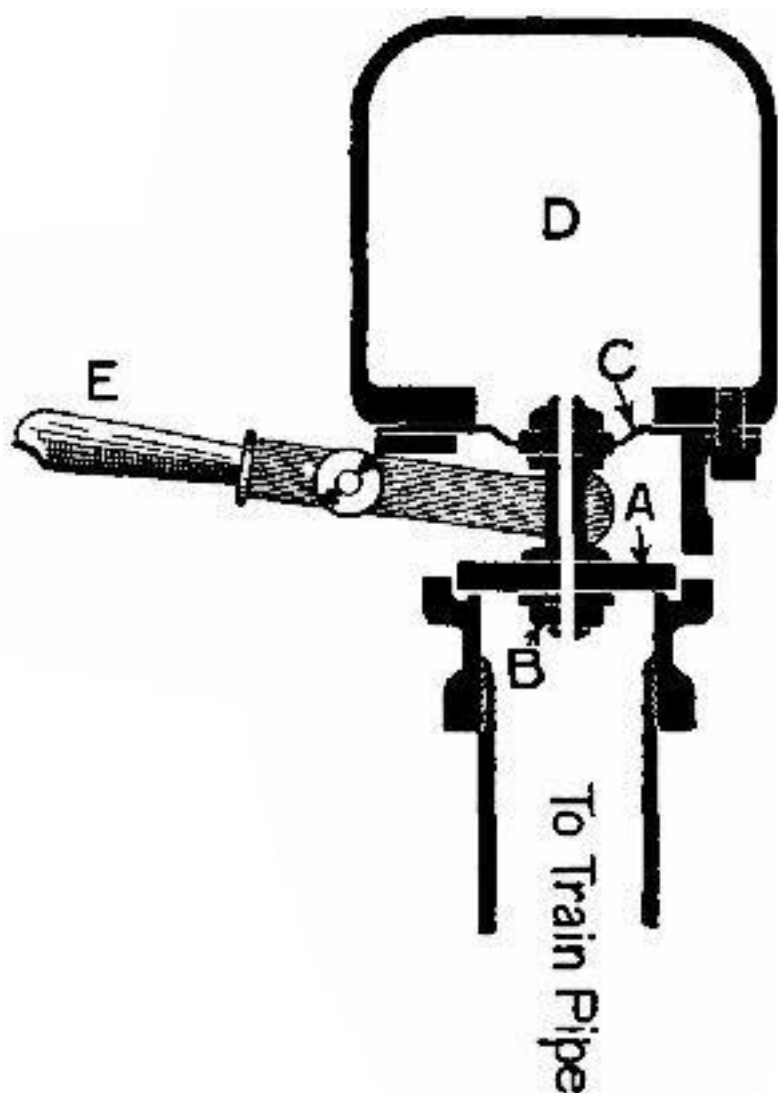


Рис. 87.Предохранительный клапан

для включения вакуумного тормоза.

При обычных остановках вакуум нарушается лишь частично, то есть допускается давление воздуха от 5 до 10 фунтов. на квадратный дюйм. Для аварийных остановок используется полное атмосферное давление. В этом случае желательно, чтобы воздух поступал в оба конца поезда; поэтому в вагоне охранника установлен хитроумный автоматический клапан, который может быть в любой момент открыт охранником, нажимающим на рычаг, но который открывается сам по себе, когда вакуум в трубопроводе быстро разрушается. На рис. 87 показано это устройство в разрезе. На верхней части вертикальной трубы установлен клапан, А, соединенный болтом, В, с эластичной мембраной, С, герметизирующей дно камеры D.,..... В болте В от края до края просверлено очень маленькое отверстие. Когда разрежение нарушается медленно, давление в D падает так же быстро, как и в трубе; но внезапный приток воздуха приводит к тому, что клапан А отрывается от своего седла диафрагмой С, поскольку разрежение в D не было нарушено в сколько-нибудь заметной степени. Затем воздух устремляется в трубопровод через клапан. Таким образом, очевидно, что машинист управляет этим клапаном так же эффективно, как если бы он был на двигателе. Эти "аварийные" клапаны иногда устанавливаются на каждом транспортном средстве поезда.

Когда вагон буксует, краны на каждой стороне соединительного шва железнодорожной трубы отключаются охранником в режиме "буксуй"; и когда он хочет остановиться, он просто нажимает на рычаг Е, постепенно открывая клапан. Под фургоном находится

вспомогательная вакуумная камера, из которой воздух отводится по железнодорожной трубе. Если охранник после того, как накладка отделилась от поезда, обнаружит, что он слишком сильно нажал на тормоза, он может соединить эту камеру с тормозным цилиндром и восстановить разрежение, достаточное для повторного нажатия на тормоза.

Когда поезд останавливается, тормоза должны быть отсосаны выталкивателем. До тех пор, пока это не будет сделано, поезд не может быть сдвинут с места, так что он не сможет покинуть станцию неподготовленным к внезапной остановке в случае необходимости.

ВОЗДУШНЫЙ ТОРМОЗ WESTINGHOUSE.

Эта система несколько сложнее вакуумной, хотя и не менее надежна и мощна. Из-за сложности некоторых деталей, таких как паровой воздушный насос и тройной клапан, невозможно объяснить систему в деталях; поэтому мы прибегаем к простым схематическим наброскам, которые помогут прояснить используемые общие принципы.

Пневматический тормоз, впервые разработанный мистером Джорджем Вестингаузом, представлял собой очень простое устройство — воздушный насос и резервуар на двигателе; длинная труба, идущая вдоль поезда; и цилиндр под каждым транспортным средством для приведения в действие тормозов. Чтобы остановить поезд, воздух высокого давления, собранный в резервуаре, был направлен в трубу поезда, чтобы вытеснить поршни в цилиндрах вагона, соединенных с ним короткими патрубками. Одним из недостатков этой "прямой" системы было то, что тормоза в хвосте длинного поезда приводились в действие только через значительное время после того, как машинист включал эфир; а поскольку, когда опасность неминуема, очень важны всего несколько секунд, такая медлительность в работе была серьезной ошибкой. Кроме того, было обнаружено, что тормоза у ближайших к локомотиву вагонов включаются задолго до тех, что находятся дальше, так что во время быстрой остановки существует опасность столкновения передних вагонов с теми, что сзади. Само собой разумеется, что любые автобусы, которые могли сорваться с места, были неуправляемы. Поэтому мистер Вестингауз запатентовал свой *автоматический* тормоз, который сейчас так широко используется во всем мире. Тормоз обеспечивает практически мгновенное и одновременное действие на все транспортные средства поезда *любой* длины.

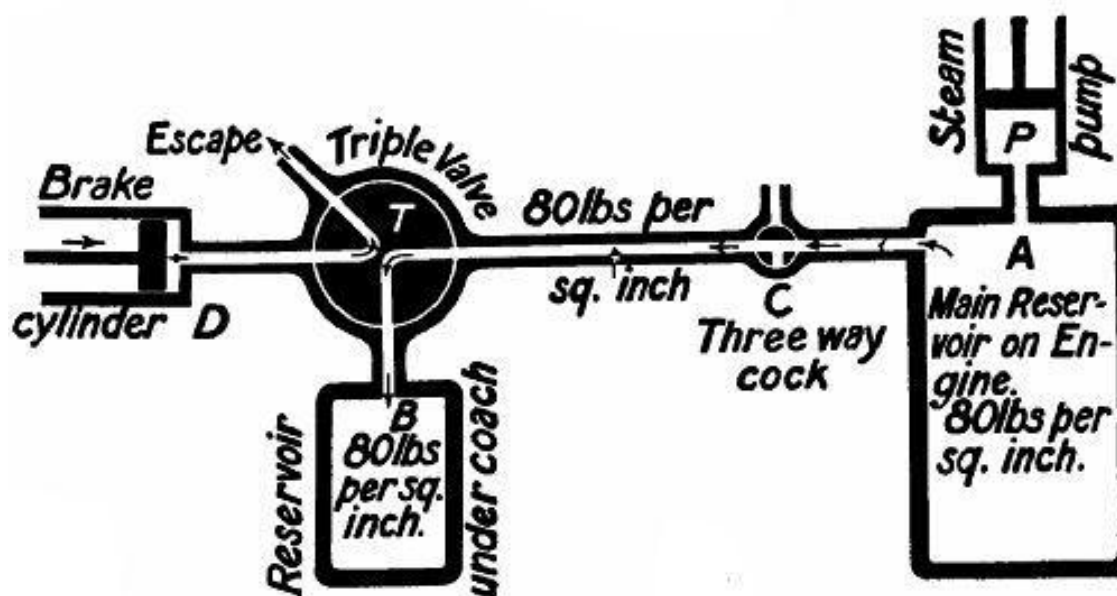


Рис.

88.Схематический набросок деталей воздушного тормоза Westinghouse. Тормоз "выключен".

Принцип работы тормоза будет понятен из рис. 88 и 89. Р - воздушный насос с паровым приводом на двигателе, который сжимает воздух в резервуар А, расположенный под двигателем или тендером, и поддерживает давление от 80 до 90 фунтов. на квадратный дюйм. Трехходовой кран С соединяет железнодорожную трубу с А или открытым воздухом по желанию машиниста. Под каждым вагоном находится тройной клапан Т, вспомогательный резервуар В и тормозной цилиндр D. Тройной клапан является наиболее примечательной особенностью всей системы. Читатель должен помнить, что клапан, показанный в этом разделе, является *только схематическим*.

Теперь перейдем к работе тормоза. Когда двигатель соединен с поездом, сжатый воздух из основного резервуара подается в трубопровод поезда, из которого он проходит через тройной клапан во вспомогательный резервуар и заполняет его до тех пор, пока давление в нем не достигнет, скажем, 80 фунтов. на квадратный дюйм. До тех пор, пока не потребуются тормоза, необходимо поддерживать давление в трубопроводе. Если случайно или намеренно (при повороте крана С в положение, показанное на рис. 89) давление в магистрали снижается, тройной клапан сразу же сдвигается, соединяя В с тормозным цилиндром D и перекрывая связь между D и воздухом, и тормоза включаются. Чтобы снять их, давление в трубопроводе должно быть равным давлению в точке В, когда клапан примет исходное положение, позволяя воздуху выходить из точки D.

Усилие, с которым приводится в действие тормоз, зависит от снижения давления в трубопроводе поезда. Небольшое сокращение привело бы к очень медленному поступлению воздуха из В в D, в то время как полный выпуск из магистрального трубопровода максимально открыл бы клапан. По указанной выше причине мы не представили средства, с помощью которых клапан становится чувствительным к этим изменениям.

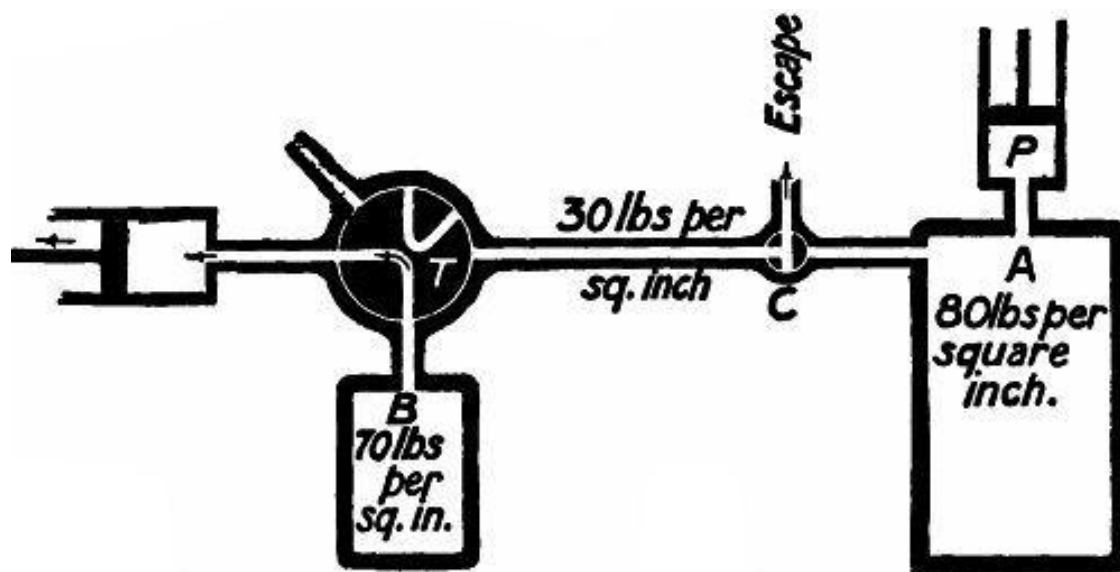


Рис. 89.—

Тормоз "включен".

Новейшая форма тройного клапана включает в себя устройство, которое при быстром выпуске воздуха из магистрального трубопровода, например, при экстренном торможении, открывает отверстие, через которое сжатый воздух также поступает из магистрального трубопровода *непосредственно* в D. Легко понять, что таким образом достигается двойное преимущество — во-первых, за счет использования значительной части воздуха в магистральном трубопроводе для увеличения доступного тормозного усилия в аварийных случаях; и, во-вторых, за счет быстрого снижения давления по всей длине трубопровода, что ускоряет действие тормозов с необычайной быстротой.

Можно добавить, что это вторичное сообщение остается открытым только до тех пор, пока давление в D не сравняется с давлением в магистральном трубопроводе. Затем его перекрывают, чтобы предотвратить возврат воздуха из В в трубу.

Интересной деталью системы является автоматическое регулирование давления воздуха в главном резервуаре с помощью регулятора воздушного насоса (рис. 90). Регулятор присоединен к паропроводу, ведущему от котла локомотива к воздушному насосу. Пар из котла, поступающий в точке F, проходит через клапан 14 и проходит через D в насос, который, таким образом, приводится в действие и продолжает работать до тех пор, пока давление в главном резервуаре, действующее на нижнюю сторону мембраны 9, не превысит натяжение, на которое установлена регулирующая пружина 7. Любое превышение давления заставляет мембрану подниматься вверх, поднимая клапан 11 и позволяя сжатому воздуху из основного резервуара поступать в камеру C. Давление воздуха толкает поршень 12 вниз и закрывает паровой клапан 14, таким образом перекрывая подачу пара к насосу. Как только давление в резервуаре снижается (из-за утечки или использования) ниже нормального, пружина 7 возвращает мембрану 9 в положение, показанное на рис. 90, и штифт-клапан 11 закрывается. Сжатый воздух, предварительно поступивший в камеру C, выходит через небольшое отверстие *a* в атмосферу. Пар, воздействуя на нижнюю поверхность клапана 14, поднимает его и его поршень в показанное положение и снова поступает в насос, который работает до тех пор, пока в резервуаре снова не будет достигнуто требуемое давление воздуха.

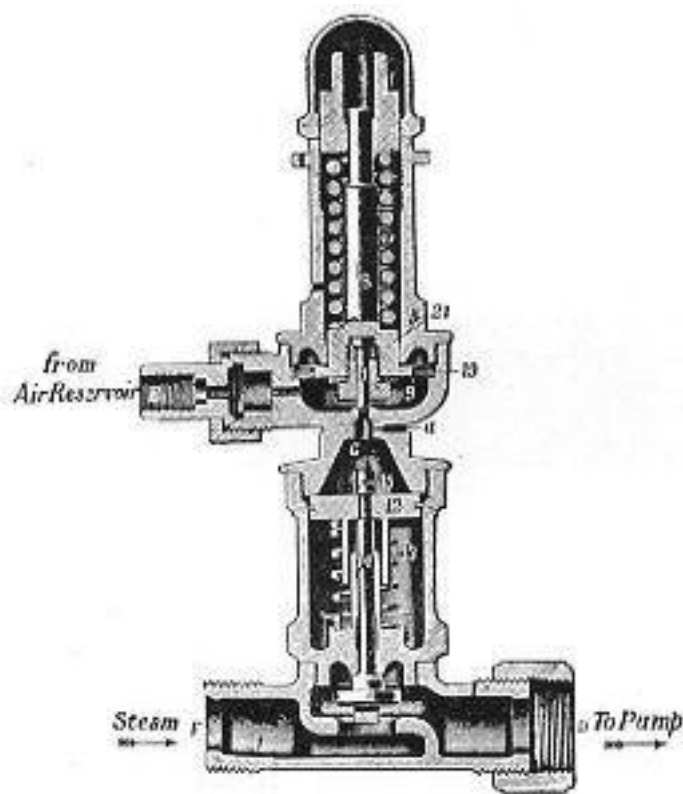


Рис. 90. Воздушный насос тормоза

Westinghouse.

[21] Это напоминает верхнюю часть рудиментарного водяного инжектора, показанного на рис. 15. Читателю нужно только представить, что труба В соединена с железнодорожной трубой. Поток пара по трубе А создает частичное разрежение в конусе Е, в результате чего воздух из магистрального трубопровода устремляется в него и выбрасывается паровой струей.

Глава XI.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

Блокирующая система—Расположение сигналов—Блокировка сигналов—Блокировка передач—Точки—Точки и сигналы в комбинации—Работа блокирующей системы—Серия операций сигнализации—Однострочные сигналы—Персонал поезда—Персонал поезда и билеты—Система персонала электропоезда—Операции блокировки—Сигнализации—Силовая сигнализация—Пневматическая сигнализация—Автоматическая сигнализация.

При определенных условиях, а именно, на крутых поворотах или в темноте, самые мощные тормоза могут оказаться неэффективными, чтобы предотвратить наезд одного поезда на хвост другого, если бы поездам было разрешено следовать друг за другом вплотную по линии. Поэтому необходимо внедрить эффективную систему удержания поездов, идущих в одном направлении, на достаточном расстоянии друг от друга, и это достигается путем отдачи видимых и легко понятных приказов машинисту во время движения поезда.

На заре существования железной дороги было принято устанавливать временной интервал между прохождением поездов, при этом поезду не разрешалось покидать станцию по крайней мере через пять минут после отправления предыдущего поезда. Этот метод, конечно, не предотвращал столкновений, поскольку первый поезд иногда ломался вскоре после отправления со станции; а из-за отсутствия эффективных тормозов в него врезался его преемник. Появление электрического телеграфа, который обеспечил станциям быструю связь друг с другом, оказалось чрезвычайно важным для безопасной работы железных дорог.

БЛОЧНАЯ СИСТЕМА.

Были отменены временные ограничения и заменены дистанционными. Линия была разделена на *блоки*, или отрезки, и двум поездам, идущим в одном направлении, никогда не разрешалось проходить ни по одному блоку одновременно.

Сигнальные столбы с подвижными рычагами, или семафоры, с помощью которых сигнальщик общается с машинистом, нам хорошо известны. Обычно их размещают с левой стороны от линии рельсов, к которой они прикрепляются, так, чтобы их руки были направлены в сторону от рельсов. Сторона рычагов, обращенная в сторону приближения поезда, имеет белую полосу, нарисованную на красном фоне, другая сторона имеет черную полосу на белом фоне.

Дальний и другие сигнальные рычаги незначительно различаются по форме (рис. 91). Дальний сигнал имеет раздвоенный конец и V-образную полосу; начальный и стартовый сигналы имеют квадратные концы с прямыми полосами. Когда рука стоит горизонтально, подается сигнал "включено" или "опасно"; когда рука опущена, она "выключена" и указывает "Все в порядке; продолжайте". На конце, ближайшем к столбу, прикреплена оправа для очков, застекленная стеклами красного и зеленого цветов. Когда рука находится в опасности, красное окошко находится напротив фонаря, прикрепленного к сигнальному столбу; когда рука опускается, зеленое окошко поднимается в это положение, чтобы

водитель был в курсе событий как ночью, так и днем, при условии, что лампа остается горячей.

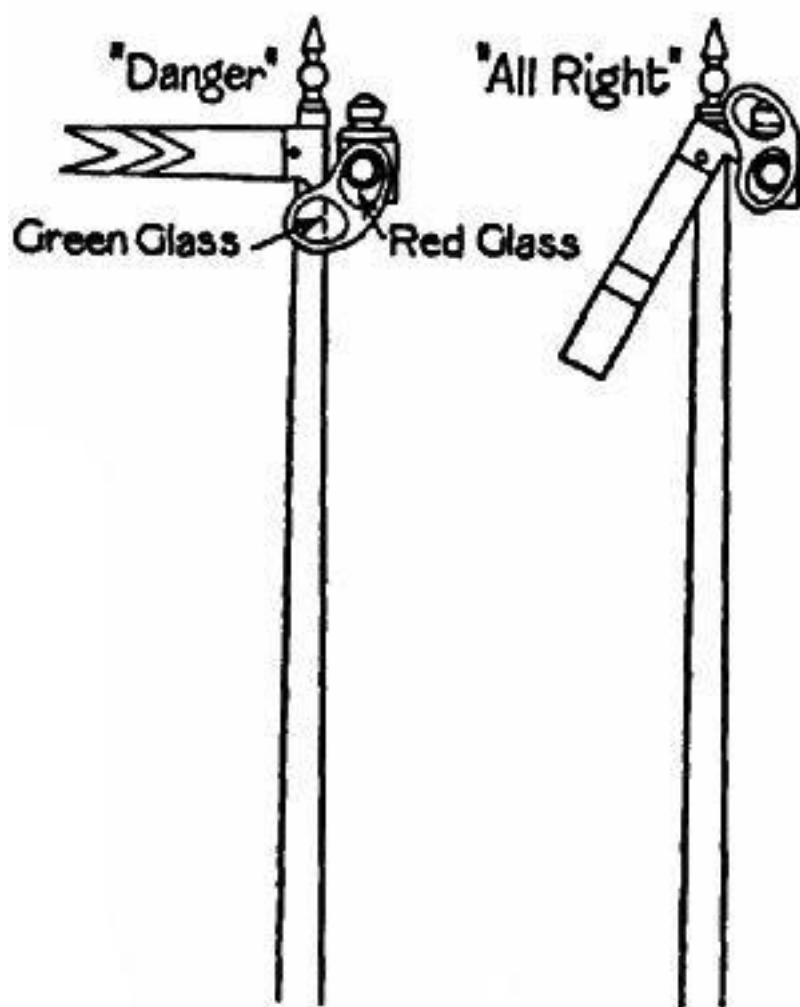


Рис. 91.—Дальние и домашние

сигналы.

РАСПОЛОЖЕНИЕ СИГНАЛОВ.

На сдвоенных линиях каждый комплект рельсов имеет свои отдельные сигналы, и водители, путешествующие по "верхней" линии, не обращают внимания на сигналы, предназначенные для "нижней" линии. Каждая сигнальная будка обычно управляет тремя сигналами на каждом наборе рельсов — дальним, домашним и отправным. Их соответствующие положения будут показаны на рис. 92, где показана станция на двойной линии. Между дистанцией и домом допускается интервал в 800 ярдов по уровню, 1000 ярдов при понижающемся уклоне и 600 ярдов при повышающемся уклоне. Дом находится недалеко от конца подхода к станции, а старт - в конце отправления платформы. Последнее иногда подкрепляется сигналом "предварительный старт" на некотором расстоянии дальше.

Следует отметить, что дистанция - это всего лишь сигнал *предостережения*, в то время как начало и старт являются сигналами *остановки*. Это означает, что когда машинист видит вдалеке надпись "включено", он не останавливает свой поезд, а сбавляет скорость и готовится остановиться по сигналу "домой". Однако он ни в коем случае не должен проезжать мимо дома или старта, если им угрожает опасность. Короче говоря, дистанционный сигнал просто предупреждает водителя о том, что его может ожидать дома. Чтобы предотвратить повреждение, если машинист совершит обгон дома, было

установлено, что ни одному поезду не разрешается проезжать начальный сигнал одной будки, если линия не свободна до точки, находящейся по крайней мере в четверти мили от дома следующей будки. Эта точка называется *стандартной расчетной точкой*.

Технически описанный блок представляет собой отрезок линии между последним стоп-сигналом, поданным из одного сигнального блока, и первым стоп-сигналом, поданным из следующего сигнального блока заранее.

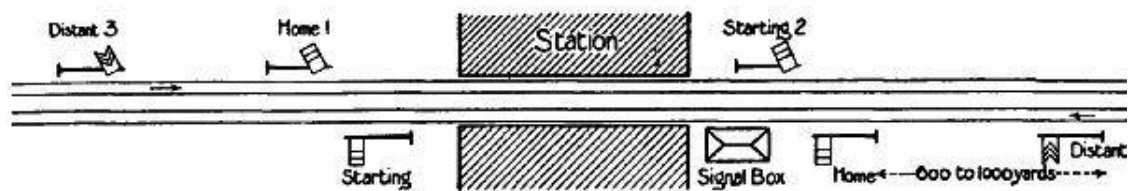


Рис. 92.—

Показано расположение сигналов. Те, что вверху, "выключены".

СИГНАЛЫ БЛОКИРОВКИ.

Связист не может опускать или возвращать свои сигналы в их нормальное положение в любом порядке, который ему нравится. Он вынужден опускать их следующим образом: — Начальный и домашний; *затем* отдаленный. И восстановить их — далекими; *затем* отправляться домой. Если бы связист был достаточно независим, он мог бы после прохождения поезда восстановить исходное положение, но полностью забыть о дальнем, так что следующий поезд, который он хочет остановить, промчался бы мимо дальнего без предупреждения и был бы вынужден внезапно остановиться, когда в поле зрения появился дом. Но механическое устройство не позволяет ему восстанавливать дом или начинать работу до тех пор, пока дальний не окажется в опасности; и, *наоборот*, он не может опустить последний, пока не будут сняты два других. Этот механизм называется *запирающим механизмом*.

ИЩУ СНАРЯЖЕНИЕ.

В настоящее время используется множество различных типов запорных устройств. Невозможно описать их все или даже привести подробные сведения о сложной запорной раме какого-либо одного типа. Но если мы ограничимся простейшей комбинацией запирающего устройства, подобного тому, которое используется в небольших ящиках на Великой Западной железной дороге, читатель получит представление об общих принципах работы этих предохранительных устройств, поскольку в основе всех них лежат одни и те же принципы.

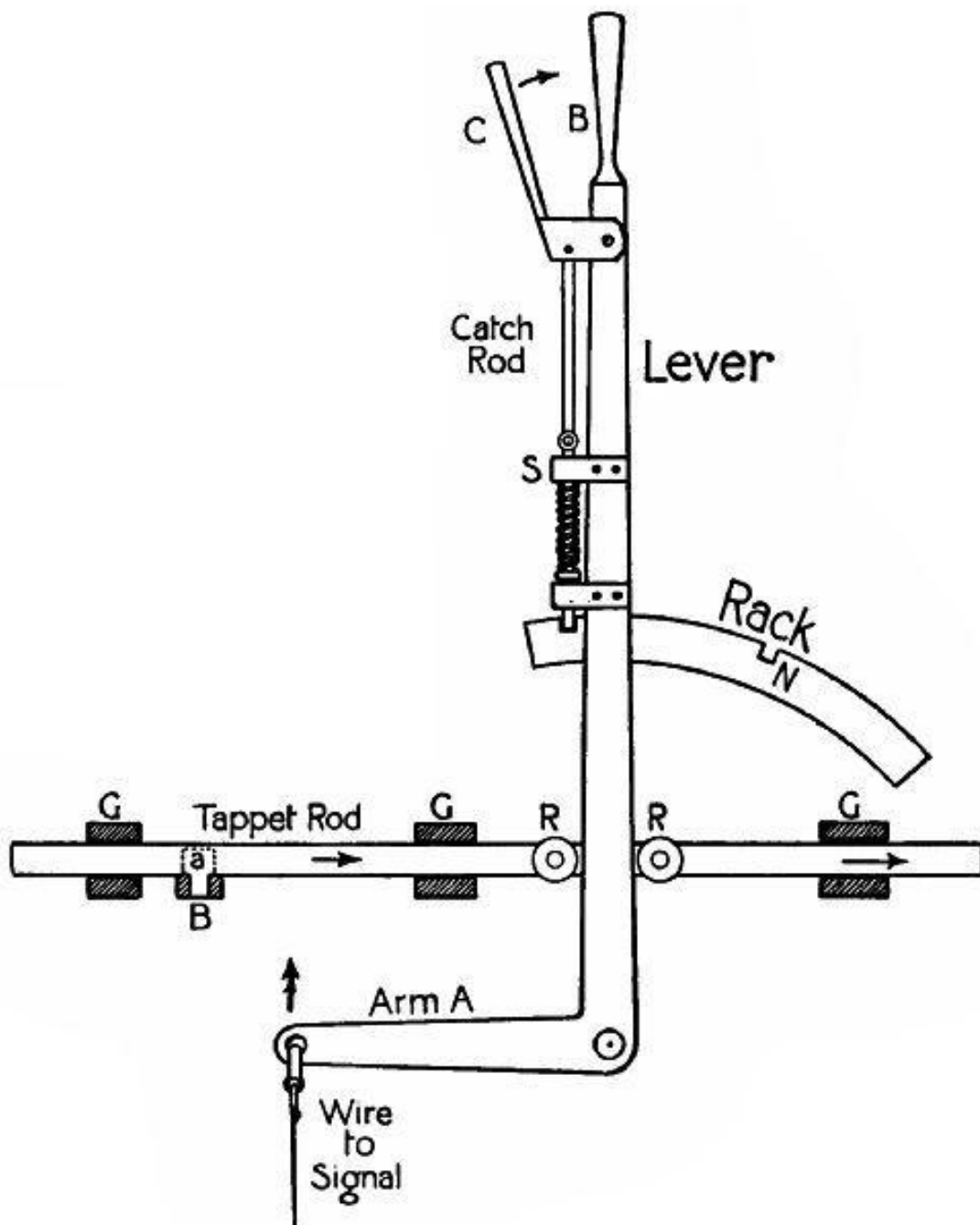


Рис. 93.

Сигнальный рычаг и его соединения. Чтобы переместить рычаг, С нажимают в направлении В, поднимая фиксатор из паза в стойке, G G G, направляющие; R R, антифрикционные ролики; S, гнезда для работы фиксатора.

Рычаги в рассматриваемом нами конкретном типе запирающего устройства имеют прикрепленный к ним хвостовик или "толкатель", который перемещается вперед-назад вместе с рычагом (рис. 93). Под прямым углом к этому толкателю и рядом с ним, либо под, либо над ним, расположены фиксирующие планки или стержни-шпильки. Теперь обратитесь к рис. 94, на котором показаны концы трех рычагов толкателя D, Н и S, пересеченные перекладиной В, из которой выступают эти шпильки. Все рычаги направлены вперед, и все сигналы "включены". Если бы связист попытался как бы потянуть рычаг, прикрепленный к D, вниз по странице, он не смог бы сдвинуть его из-за шпильки а, которая входит в зацепление с выемкой в D. Прежде чем эту шпильку можно будет извлечь из выемки, толкатели Н и S необходимо потянуть на себя, чтобы их выемки совпали со шпильками b и c (рис. 95). Теперь связист может перемещать D, поскольку выемка легко сдвигает штифт a to the влево (рис.

96). Сигналы должны быть переведены в режим опасности. Поскольку H и S заблокированы D, то есть D не позволяет им вернуться в их нормальное положение, D должен быть перемещен первым. Блокировка трех описанных сигналов просто повторяется при блокировке большого количества сигналов.

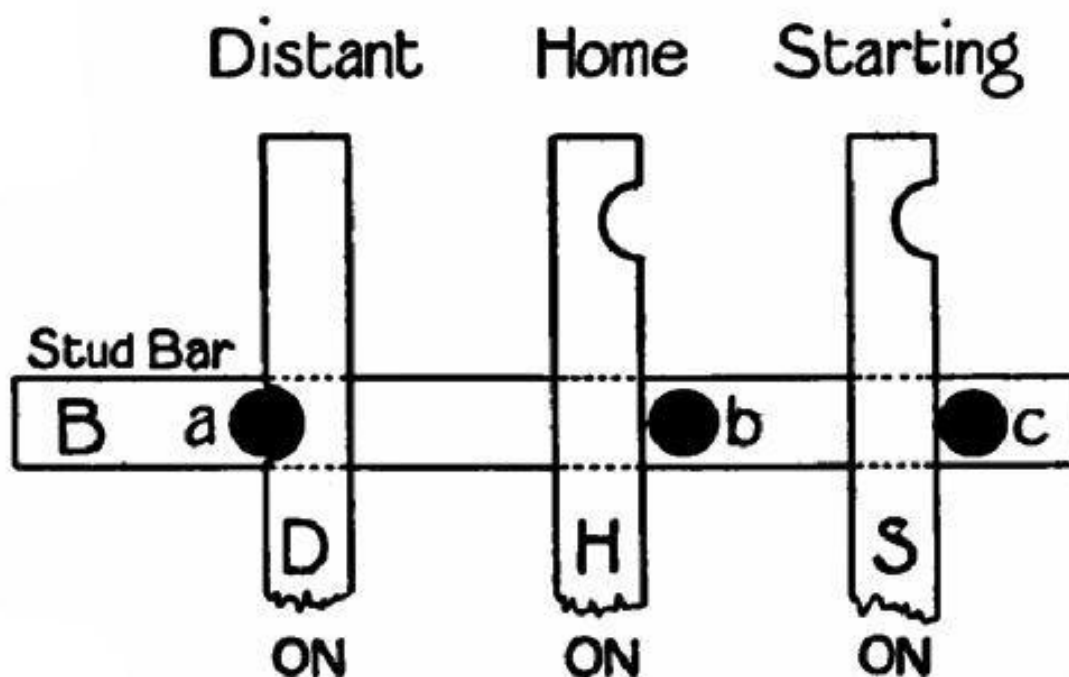


Рис. 94.

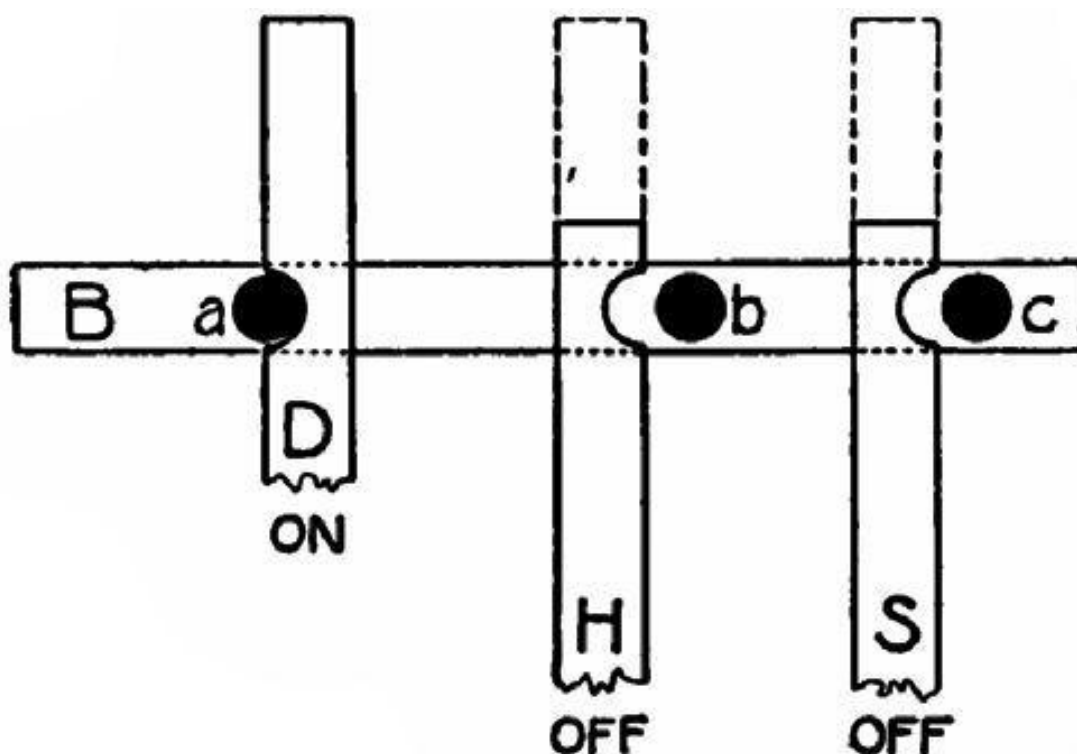


Рис. 95.

Войдя в сигнальную будку, посетитель заметит, что рычаги имеют разные цвета: -Зеленый, обозначающий отдаленные сигналы; красный, обозначающий исходные сигналы; синий, обозначающий точки, обращенные вперед; черный, обозначающий конечные точки; белый,

обозначающий запасные рычаги. Эти различные цвета помогают связисту легко выбрать нужные рычаги.

К передней части каждого рычага прикреплена маленькая латунная табличка с определенными цифрами; одна крупными цифрами вверху, затем линия, а другие цифры маленькими цифрами внизу. Большое число соответствует самому рычагу; остальные, называемые *выводами*, относятся к рычагам, за которые необходимо потянуть, прежде чем этот конкретный рычаг можно будет отпустить.

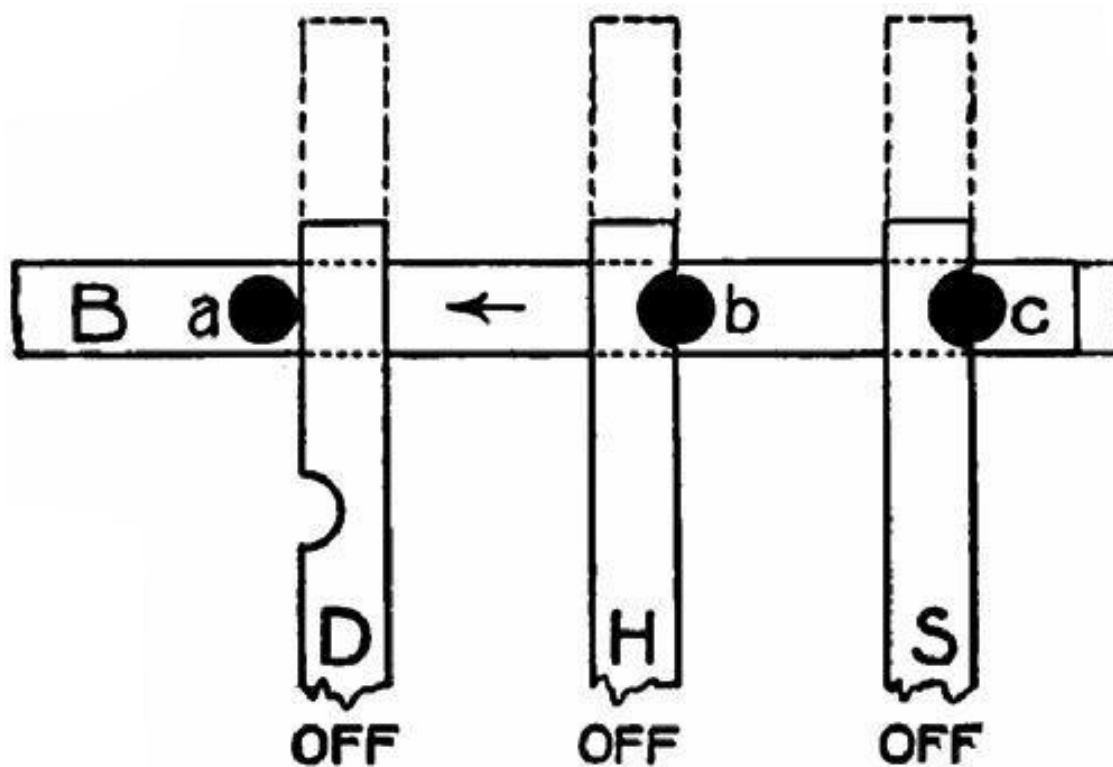


Рис. 96.

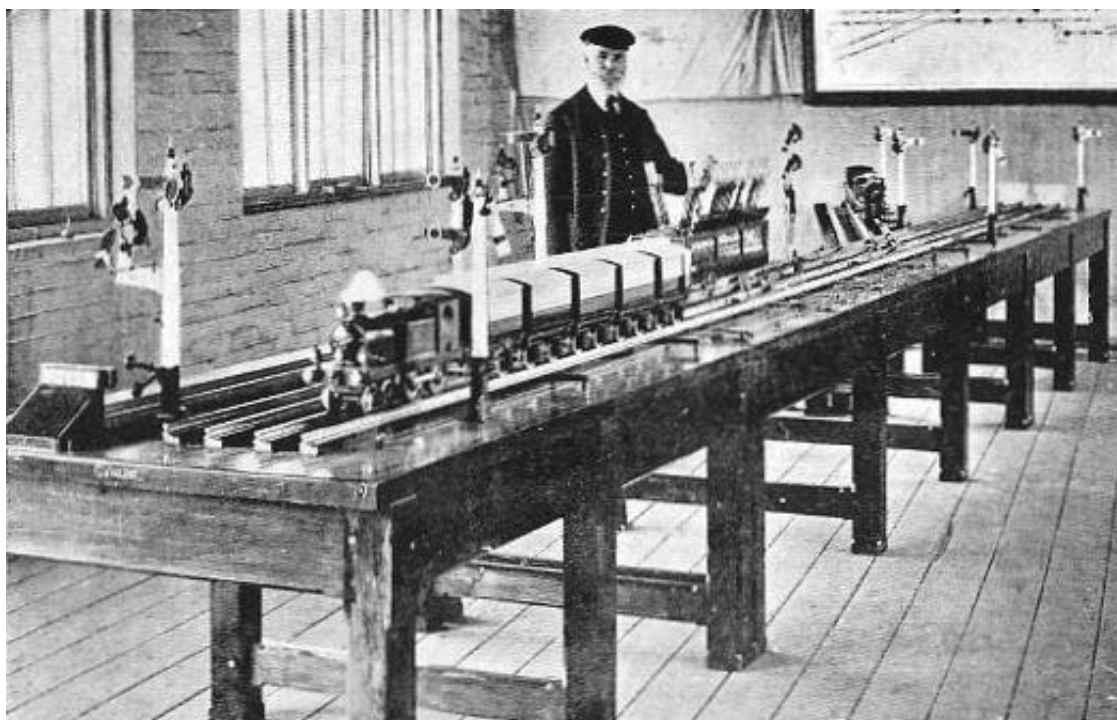


Рис. 97. Модель

сигнального оборудования в школе связи. (С разрешения "G.W.R. Magazine").

Очки.

В связи с рычагом были упомянуты *точки*. Прежде чем продолжить, мы рассмотрим действие этих устройств, позволяющих поезду перемещаться с одного ряда рельсов на другой. На рис. 98 и 99 показаны точки на простом перекрестке. Следует заметить, что рельсы линии слева от точек продолжают как внешние рельсы основной и ответвленной линий. Внутренние рельсы заканчиваются острой V-образной точкой, а слева от нее находятся два коротких рельса, которые посредством смещающихся участков определяют направление движения поезда. На рис. 98 основная линия разомкнута; на рис. 99 - ответвление. Смещающиеся части удерживаются на надлежащем расстоянии друг от друга с помощью поперечин (или тяг) Aa

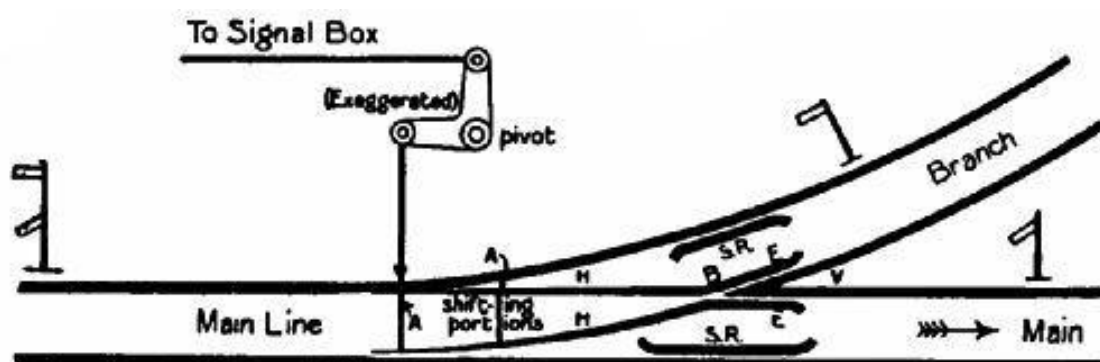


Рис. 98. Точки,

открытые для основной линии.

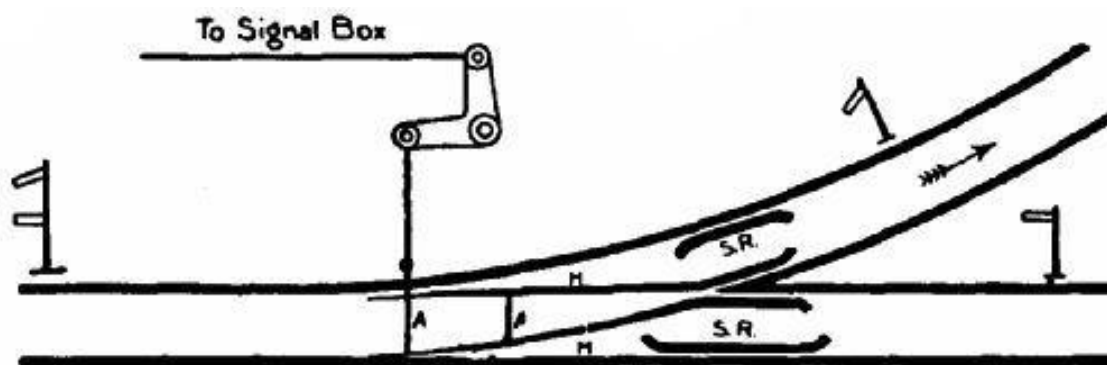


Рис. 99. Точки,

открытые для ответвления.

Можно было бы подумать, что колеса будут сильно ударяться, когда достигнут точки В, где есть зазор. Однако этому препятствуют загнутые концы Ее (рис. 98), на которые опирается протектор колеса до тех пор, пока он не достигнет некоторого расстояния вдоль точки V. Предохранительные планки S R удерживают внешнее колесо прижатым к направляющей до тех пор, пока не будет пройдена точка V.

ТОЧКИ И СИГНАЛЫ В СОЧЕТАНИИ.

Предположим, что поезд приближается к перекрестку, показанному на рис. 98 и 99 слева. Недостаточно, чтобы машинист знал, что пути свободны. Он также должен быть уверен, что путь, главный или ответвление, в зависимости от обстоятельств, по которому он должен ехать, открыт; и с другой стороны, если бы он приближался справа, он хотел бы быть уверен, что ни один поезд с другой линии не приближается к нему. Опасности удастся избежать и обеспечить уверенность, блокируя точки и сигналы. Слева от перекрестка сигналы "Домой" и "Вдаль" дублируются, на каждом столбе по два рычага семафора. Они взаимосвязаны с точками таким образом, что сигналы, относящиеся к любой линии, могут быть отключены только тогда, когда точки настроены так, чтобы открывать путь к этой линии. Более того, прежде чем можно будет произвести какое-либо смещение точек, сигналы позади должны быть подвергнуты опасности. Сближению поездов препятствует блокировка, которая делает невозможным одновременное получение обоих наборов дальних и домашних сигналов в режиме "Все в порядке".

РАБОТА БЛОЧНОЙ СИСТЕМЫ.

Теперь мы можем перейти к работе блочной системы сигнализации поездов от станции к станции на одной линии двухпутного пути. Каждая сигнальная будка (за исключением, конечно, тех, что на терминалах) имеет электрическую связь со следующей будкой в обоих направлениях. Используемые инструменты различаются в разных системах, но принцип один и тот же; поэтому мы сосредоточим наше внимание на тех, которые чаще всего используются на Великой Западной железной дороге. Это: —(1.) Два нажимных инструмента, соединенных с аналогичными инструментами в соседних ящиках с обеих сторон. Каждый из них вызывает один удар в соответствующем ящике каждый раз, когда нажимается его клавиша. (2.) Два дисковых инструмента Spagnoletti — один с двумя клавишами, соединенный с ящиком сзади; а другой, соединенный с передним ящиком, без клавиш. Их соответствующие функции заключаются в подаче сигналов и их приеме. В центре лицевой стороны каждого из них находится квадратное отверстие, за которым перемещается диск с двумя "флажками" — "Поезд на линии" белыми буквами на красном фоне и "Линия свободна"

черными буквами на белом фоне. Клавишный инструмент имеет красную и белую клавиши. Когда красная клавиша нажата, при открытии появляется надпись "Train on line"; также на бесключевом диске в соседней сигнальной будке. Нажатие белой клавиши аналогичным образом означает "Линия свободна". Кусок проволоки с загнутыми концами, пропущенный через две проушины, скользит по клавишам, и его можно использовать для удерживания любой из них. В дополнение к этому предусмотрены телефонные и телеграфные приборы, позволяющие связистам вести беседу.

СЕРИЯ ОПЕРАЦИЙ СИГНАЛИЗАЦИИ.

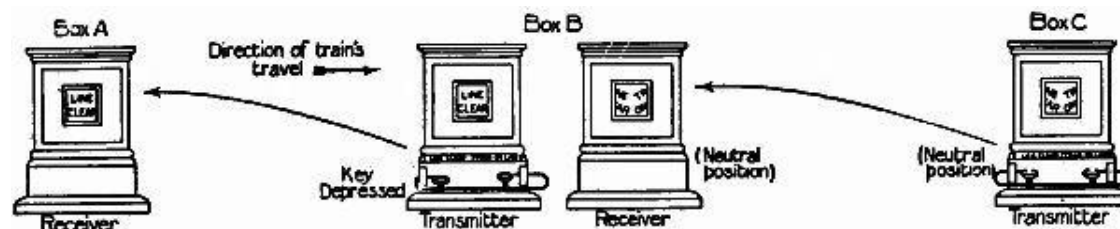


Рис. 100.—

Сигнальные приборы в трех смежных будках. Стрелки без перьев показывают подключение приборов.

Теперь мы можем понаблюдать за действиями связистов в четырех последовательных ложах А, В, С и D во время прохождения экспресса. Связист А привлекает внимание связиста В одним ударом в колокольчик. В отвечает, повторяя его, чтобы показать, что он слушает. А спрашивает: "Свободна ли линия для пассажирского экспресса?" — четыре удара в звонок. В, видя, что линия свободна до его пункта пропуска, посылает четыре удара назад и нажимает белую клавишу своего инструмента. "Линия свободна" появляется на отверстии, а также на диске без ключа А. А понижает сигнал запуска. Поезд трогается. А дает два удара по кнопке = "Поезд входит в секцию". В устанавливает индикатор "Поезд на линии", который также отображается на приборе А. А подает сигналы об опасности. В спрашивает С: "Линия свободна?" С повторяет код звонка и устанавливает индикатор в положение "Линия свободна", также показанное на бесключевом диске В. В понижает уровень всех сигналов. Поезд проезжает. В сигнализирует С: "Поезд входит в секцию". В подает сигнал А "Поезд выходит из секции" и выпускает индикатор, который возвращается в нормальное положение, при этом в окне отображается половина каждого флажка. В сигнализирует С: "Поезд на линии", и переводит все его сигналы в режим опасности. С переводит индикатор в режим "Поезд на линии". С спрашивает: "Линия свободна?" Но на станции D стоит поезд, и поэтому связист D не дает ответа, что равносильно отрицательному. Машинист, приближаясь к дальнему пункту С, видит опасность и замедляет ход, останавливаясь у контрольной точки. С опускает контрольную точку и позволяет поезду следовать до его стартового сигнала. D, когда линия свободна до его точки пересечения, подает сигнал "Линия свободна" и устанавливает индикатор в положение "Линия свободна". С понижает стартовые сигналы, и поезд продолжает движение. С подает сигнал на D, "Поезд входит в секцию", и D переводит индикатор в положение "Поезд на линии". С подает сигнал на В, "Поезд выходит из секции", переводит индикатор в нормальное положение и сигнализирует об опасности. Таким образом, процесс повторяется от станции к станции. Однако там, где участки короткие, связисту сообщают о приближении поезда за один участок до него дополнительным сигналом, означающим "Приближается скорый поезд". Индикатор блокировки напоминает связисту о местонахождении поезда. Если его индикатор блокировки не находится в нормальном положении, он не может спросить: "Линия свободна?" И пока он не подаст ответный сигнал "Линия свободна" в бокс позади, поезду не разрешается въезжать на его

участок. Таким образом, участок линии с полным набором сигналов всегда находится между любыми двумя поездами.

РАБОТА С ОТДЕЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ.

Мы рассмотрели механизмы сигнализации, относящиеся к двойным железнодорожным линиям, и показали, что система сигналов необходима для предотвращения наезда поезда на заднюю часть своего предшественника. Там, где поезда в обоих направлениях проходят по одной линии, необходимо учитывать не только этот элемент опасности, но и возможность того, что поезду разрешат въехать на участок линии с обоих концов *одновременно*. Это осуществляется несколькими способами, суть каждого из которых заключается в том, что машинист должен иметь в своем распоряжении *видимое* доказательство разрешения, предоставленного ему связистом на выход на участок одиночной линии.

ЕДИНЫЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ СОСТАВ.

Самая простая форма работы - распределить по длине линии "железнодорожный посох" — кусок дерева длиной около 14 дюймов с названиями станций на обоих концах. Это применяется в тех случаях, когда для обработки участка, например короткой ветки, используется только один двигатель. В подобном случае, очевидно, нет опасности встречи двух поездов, и персонал поезда - это всего лишь полномочия машиниста начать путешествие. При такой системе телеграфная связь не требуется, и сигналы подаются только на концах линии.

ПЕРСОНАЛ ПОЕЗДА И БИЛЕТЫ.

На длинных участках одной линии, где необходимо рассмотреть более одного поезда, линия разделяется на блоки способом, уже описанным для двойных линий, и за каждым закрепляется персонал, причем персонал для различных блоков отличается друг от друга формой и цветом. На каждой станции подаются обычные сигналы и используются блочные телеграфные приборы, с той лишь разницей, что для поездов в обоих направлениях используется один диск с ключевым рисунком. На такой линии, конечно, возможно, что двум или более поездам может потребоваться следовать друг за другом без какого-либо промежуточного движения в противоположном направлении. Это было бы невозможно, если бы персонал равномерно перемещался взад и вперед по блок-секции; но это обеспечивается введением *билета* для персонала поезда, который используется совместно с персоналом.

Ни одному поезду не разрешается покидать станцию для персонала, если персонал пересекаемого участка линии не находится на станции; а машинисту даны строжайшие инструкции о том, что он должен *видеться* с персоналом. Если требуется следовать вторым поездом, машинисту *показывается* персонал, и ему вручается билет персонала поезда в качестве разрешения на продолжение движения. Однако, если следующий поезд по участку прибывает с противоположного конца, посох *передается* машинисту.

Чтобы сделать эту систему максимально безопасной, билеты для персонала поездов того же цвета и формы, что и для персонала той секции, к которой они относятся, и хранятся в специальном ящике на станциях, ключ от которого прикреплен к персоналу, а замок устроен таким образом, что ключ нельзя извлечь, если ящик не был заперт.

ПЕРСОНАЛ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ И ПЛАНШЕТНЫЕ СИСТЕМЫ.

Эти рабочие системы являются развитием последней из упомянутых выше, с помощью которой обеспечивается большая безопасность и простота в эксплуатации линии. На некоторых участках однопутной железной дороги обстоятельства часто требуют движения нескольких поездов в одном направлении без обратного поезда. Для таких случаев был введен билет для персонала поезда; но даже на самых хорошо регулируемых линиях не всегда возможно гарантировать, что персонал будет на станции, где это требуется, в нужное время, и возникали случаи, когда из-за отсутствия поезда на станции, где находился персонал, его приходилось доставлять на другую станцию пешком, что приводило к значительной задержке движения. Системы electric train staff и tablet преодолевают эту трудность. Обе системы работают практически по одному и тому же принципу, и поэтому мы опишем первую.

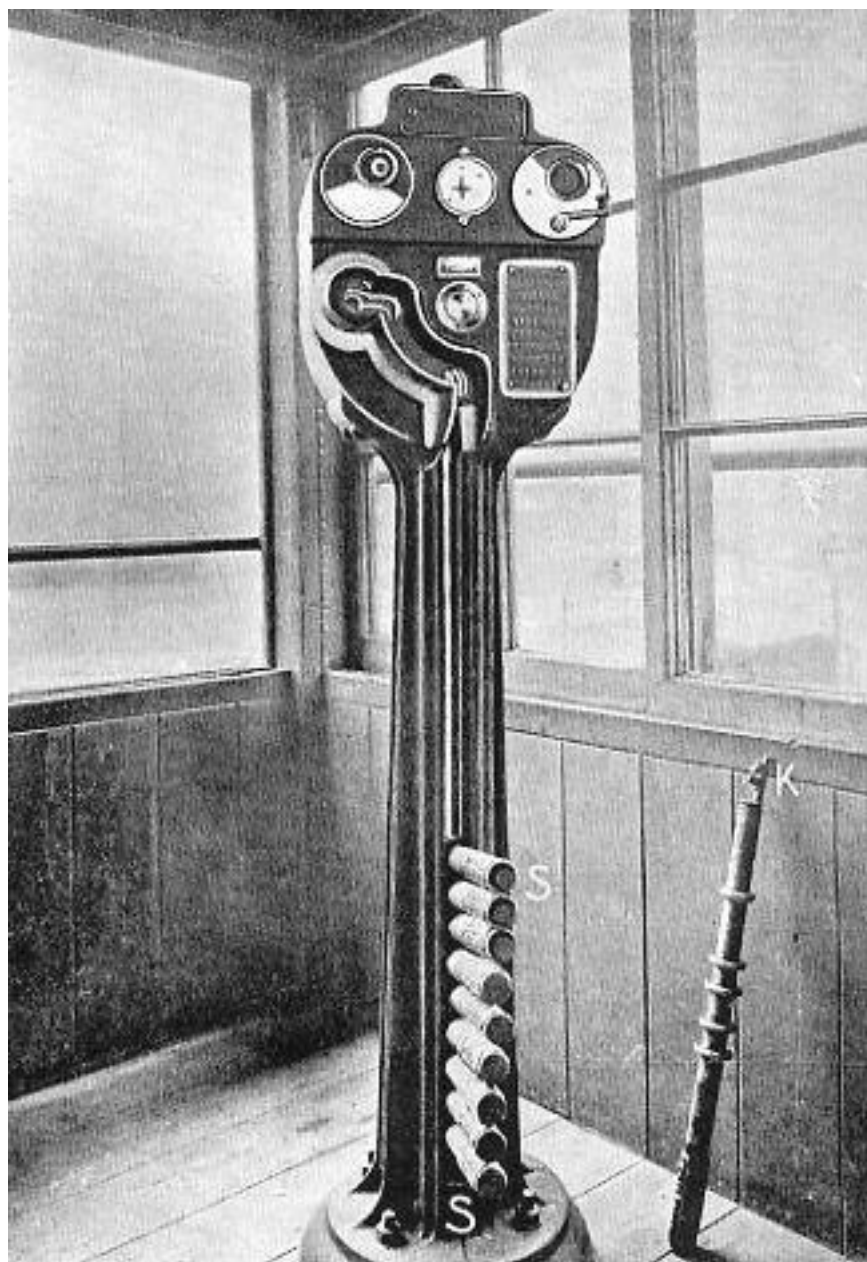


Рис. 101.—Держатель жезла электропоезда: S S, жезлы в пазу прибора. К стенке кабины прислонен посох с ключом К на конце, предназначенный для отпирания запасных путей между двумя станциями. Машинист не может снять жезл до тех пор, пока точки снова не будут зафиксированы.

На каждом конце блок-секции предусмотрен инструмент для обслуживания поездов (рис. 101). В основе этих документов лежит ряд сведений о составе поезда, любое из которых будет принято машинистом в качестве разрешения на проезд по единственной линии. Приборы электрически соединены, механизм гарантирует, что жезл может быть извлечен только при содействии связиста на каждом конце секции; что, когда *все* жезлы находятся в приборах, жезл может быть извлечен с *любого* конца; что, когда жезл изъят, другой не может быть получен до тех пор, пока тот не будет восстановлен на одном или другом из приборов. Безопасность такой системы очевидна, как и помощь рабочим за счет наличия персонала, обслуживающего поезд, независимо от того, с какого конца он должен въезжать на участок.

Механизм приборов довольно прост. Двухполюсный электромагнит приводится в действие нажатием клавиши связистом на дальнем конце квартала, в который должен въехать поезд, и поворотом ручки связистом, который требует вынуть жезл. Магнит, находящийся под напряжением, способен поднять механический замок и позволяет извлечь посох. Проходя через инструмент, стержень вращает несколько железных дисков, которые, в свою очередь, поднимают или опускают переключатель, управляющий электрическими соединениями. Это приводит к тому, что электрические токи, приводящие в действие электромагнит, противодействуют друг другу, магнетизм прекращается, и замок откидывается, предотвращая извлечение другого посоха. Естественно, возникнет вопрос: "Как восстанавливается электрическая система?" Мы уже говорили, что в каждом инструменте было определенное количество сотрудников — другими словами, за секцией закреплено определенное количество сотрудников, обычно двадцать. Предположим, что в каждом приборе их по десять и что переключатель в каждом из них находится в нижнем положении. Теперь извлеките жезл, и у одного прибора будет нечетное, у другого - четное количество жезлов, и аналогично один переключатель поднят, в то время как другой остается опущенным, поэтому электрическая цепь "не в фазе", то есть токи в магнитах каждого жезла противоположны друг другу и не могут снять блокировку. Стержень проходит через секцию и помещается в прибор на другом конце, доводя количество стержней до одиннадцати — нечетное число, и, что более важно, *поднимая* переключатель. Теперь оба выключателя подняты, следовательно, электрические токи будут поддерживать друг друга, так что посох может быть извлечен. Итак, вкратце, когда в одном приборе нечетное количество жезлов, а в другом - четное, например, когда используется жезл, связисты не могут получить жезл и, следовательно, не могут дать разрешение поезду въехать на участок; но когда в каждом приборе имеется нечетное или четное количество жезлов, при сотрудничестве связистов жезл может быть изъят с обоих концов.

Мы можем добавить, что, когда два инструмента находятся в одном сигнальном ящике, один для работы с ящиком впереди, другой сзади, предусмотрено, что посохи, относящиеся к одной секции, не должны подходить к инструменту для другой и должны быть разного цвета. Это предотвращает случайное принятие водителем сотрудника, принадлежащего к одной секции, в качестве уполномоченного на проезд по другой.

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЙ.

Замечания, сделанные относительно блокировки точек и сигналов на двойных линиях, применимы также к работе на одинарных линиях, с добавлением того, что не только сигналы дальнего, начального и стартового сигналов взаимосвязаны друг с другом, но и с сигналами и точками, управляющими приближением поезда с противоположного направления — другими словами, сигналы приближения поезда к станции с одного направления не могут

быть понижены, если сигналы приближения поезда к станции с противоположного направления не находятся в опасности, а точки установлены правильно.

СИГНАЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ.

При работе на одинарных линиях, как и на двойных, связист на станции, с которой должен отправиться поезд, должен получить согласие идущего впереди связиста, причем серия вопросов, которые необходимо задать, очень похожа на те, что подробно описаны для двойных линий. Однако есть одно заметное исключение. На протяженных участках одной линии необходимо предусмотреть обгон поездов друг друга. Это делается путем прокладки петлевых линий через определенные промежутки времени, при этом вторая пара рельсов прокладывается для проезда одного поезда, в то время как другой в противоположном направлении проезжает его. Чтобы гарантировать, что более одного поезда не должно находиться на участке одной линии между двумя пунктами пересечения, установлено, что, когда связиста на станции, не пересекающейся с его станцией, просят разрешить поезду приблизиться к его станции, он не должен давать разрешения, пока не уведомит об этом сигнальщика впереди себя, гарантируя таким образом, что он не запрашивает разрешения на приближение поездов с обоих направлений одновременно. Как для однолинейной, так и для двухлинейной работы установлен ряд правил, разработанных на случай чрезвычайных ситуаций, руководящим принципом которых является безопасность; но теперь мы разобрались со всеми условиями повседневной работы и должны перейти к рассмотрению

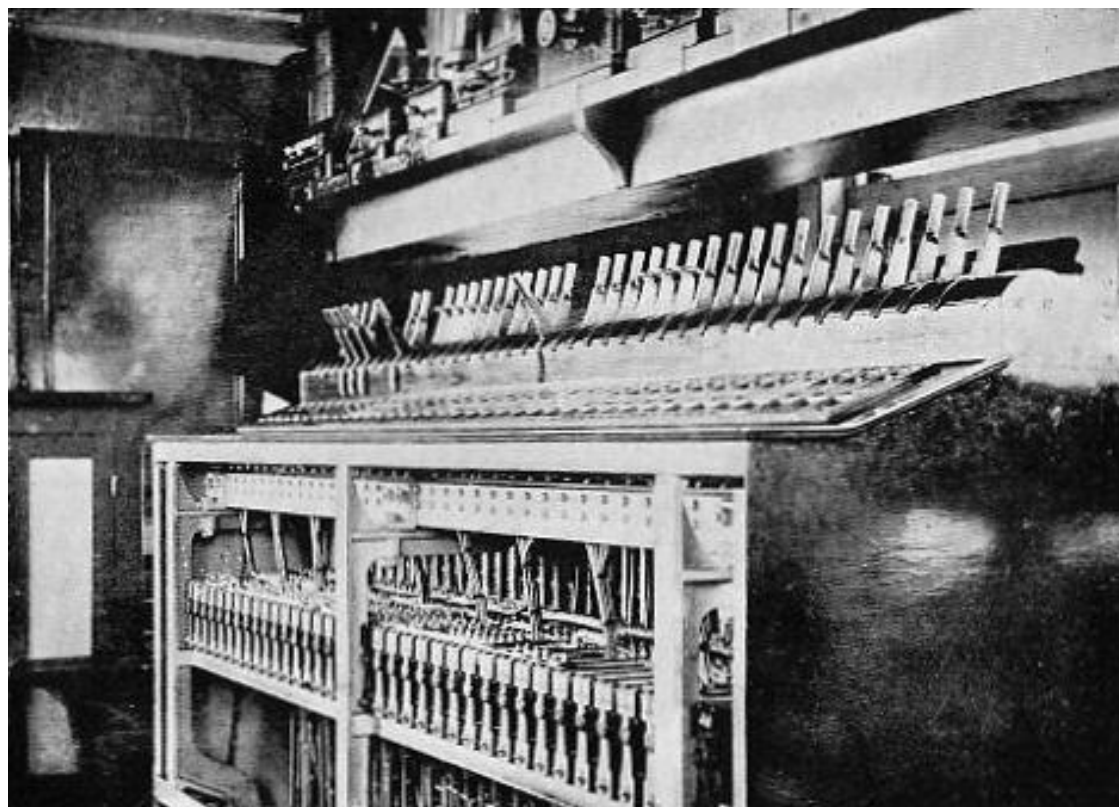


Рис. 102.

Электрическая рычажная рама в кабине сигнализации в Дидкоте.

ПОДАЧА СИГНАЛА "ПИТАНИЕ".

В энергосистеме сигнализации связист обеспечен некоторыми вспомогательными средствами — электричеством, сжатым воздухом и т.д. — для перемещения сигналов или точек, находящихся под его контролем. По-прежнему необходимо иметь фиксирующую раму в сигнальном ящике с рычагами, сцепленными друг с другом, и соединения между ящиком и различными точками и сигналами. Но рама намного меньше обычной ручной рамы, и требуется совсем небольшое усилие, чтобы переместить маленькие рычажки, которые замыкают электрическую цепь или открывают воздушный клапан, в зависимости от используемого источника питания.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

На рис. 102 представлена запорная рама кабины в Дидкоте, Англия, где была установлена полностью электрическая система. Провода ведут из кабины к расположенным в точках двигателям и сигналам, которыми они управляют через червячную передачу. Когда рычаг перемещается, он замыкает цепь и устанавливает ток, протекающий через двигатель, направление потока (и, следовательно, частоту вращения двигателя) в зависимости от того, был ли рычаг перемещен вперед или назад. Индикаторы, расположенные под рычагами, сообщают связисту, когда желаемые движения в точках и сигналы завершены. Если какое-либо движение не осуществляется из-за отключения тока или закупорки рабочих частей, электрический замок препятствует продолжению им работы. Таким образом, предположим, что он должен открыть главную линию для экспресса, механическая блокирующая рама обязывает его правильно установить все точки, прежде чем можно будет понизить уровень сигналов. Он мог бы перемещать все необходимые рычаги в должном порядке, но при этом один набор точек мог бы остаться открытым, и, если бы сигналы были понижены, произошел бы несчастный случай. Но этого не может произойти, поскольку электрические замки, приводимые в действие соответствующими точками, блокируют рычаги сигнализации, и до тех пор, пока неисправность не будет устранена, сигналы должны оставаться в режиме "опасно".

Точечные двигатели подключены непосредственно к точкам; но между сигнальным двигателем и его плечом имеется "электрическая щель", состоящая из мощного электромагнита, который образует звено в работе стержня. Для понижения сигнала необходимо, чтобы двигатель вращался и управляющий ток проходил вокруг магнита, чтобы придать ему необходимую силу притяжения. Если управляющий ток не протекает, как это произошло бы, если бы какая-либо пара точек находилась не в своем надлежащем положении, двигатель не может повлиять на сигнальный рычаг, чтобы опустить его, поскольку магнит отпускает свой захват. Кроме того, если сигнал уже был понижен при сбое управляющего тока, он автоматически повысится до "опасного", поскольку все сигналы взвешиваются так, чтобы принять опасное положение под действием силы тяжести. Управляющие токи сигналов могут быть отключены, если связист переместит переключатель, так что в случае чрезвычайной ситуации все сигналы об опасности могут подаваться одновременно.

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

В Англии и Соединенных Штатах сжатый воздух также используется для выполнения тяжелой работы связиста за него. Вместо того чтобы замыкать цепь, связист, переместив рычаг наполовину, подает воздух по трубе, идущей вдоль трассы, в воздушный резервуар, расположенный рядом с точками или сигналом, к которым относится рычаг. Воздух открывает клапан и соединяет резервуар с поршнем, приводящим в действие точки или

сигнальный рычаг, в зависимости от обстоятельств. После выполнения этого движения открывается другой клапан в резервуаре, и воздух проходит обратно по второй трубе в сигнальную будку, где открывается третий клапан, управляющий поршнем, который завершает движение рычага, показывая таким образом сигнальщику, что операция завершена. При работе со сжатым воздухом, как и при работе с электричеством, конечно, используется механическая запорная рама.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

Чтобы снизить расходы и увеличить скорость движения на линиях с короткими участками, поезд иногда назначают в качестве собственного связиста. Все направляющие каждой секции соединены между собой таким образом, чтобы иметь металлический контакт, и каждая секция изолирована от двух соседних секций. На дальнем конце секции установлена электрическая батарея, подключенная к рельсам, которые подводят ток обратно к магниту, управляющему сигналом, расположенному на некотором расстоянии от предыдущей секции. Пока течет ток, сигнал удерживается на уровне "Все в порядке". Когда поезд въезжает на участок, колеса и оси замыкают ток, так что он не достигает сигнального магнита, и сигнал повышается до "опасно" и остается там до тех пор, пока последняя пара колес не покинет участок. Если ток выйдет из строя или транспортное средство оторвется и останется на участке, произойдет то же самое.

Таким образом, человеческий фактор может быть практически исключен при подаче сигналов. Для обеспечения абсолютной безопасности поезд должен иметь положительный контроль над следующим поездом, чтобы машинист не превышал сигналы. На железных дорогах с электроприводом это было осуществлено с помощью контактов, работающих в сочетании с сигналами, которые либо отключают ток от участка, предшествующего тому, на котором может находиться поезд, либо нажимают на спусковой крючок, чтобы нажать на рычаг следующего поезда и затормозить.

Глава XII.

ОПТИКА.

Линзы—Изображение, создаваемое выпуклой линзой—Фокус—Относительное положение объекта и линзы—Коррекция линз для изменения цвета—Сферическая абберация—Искажение изображения—Человеческий глаз—Использование очков—Слепое пятно.

Свет - это третья форма той энергии, о двух проявлениях которой мы уже говорили — теплоте и электричестве. Отличительной характеристикой эфирных световых волн является их чрезвычайная скорость вибрации, которая, по расчетам, составляет от 700 миллиардов движений в секунду для фиолетовых лучей до 400 миллиардов для красных лучей.

Если луч белого света пропустить через призму, он разделяется на семь видимых цветов спектра — фиолетовый, индиго, синий, зеленый, желтый, оранжевый и красный — в таком порядке. Человеческий глаз наиболее чувствителен к желто-красным лучам, фотопластинка - к зелено-фиолетовым.

Все тела делятся на один из двух классов — (1) *светящиеся*, то есть те, которые являются *источником* света, таким как солнце, пламя свечи или раскаленный уголь; и (2) *несветящиеся*, которые становятся видимыми только благодаря свету, который они получают от других тел и отражают нашим глазам.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА.

Свет естественным образом распространяется по прямой линии. Он отклоняется только тогда, когда переходит из одной прозрачной среды в другую — например, из воздуха в воду, — а среды имеют разную плотность. Мы можем рассматривать поверхность видимого объекта как состоящую из бесчисленных точек, от каждой из которых через эфир расходится пучок лучей.

ЛИНЗЫ.

Если луч света сталкивается с прозрачным стеклянным корпусом с непараллельными сторонами, лучи отклоняются. Направление, которое они принимают, зависит от формы корпуса, но, как правило, они изгибаются в сторону более толстой части стекла. Обычное обжиговое стекло нам хорошо известно. Мы держим его лицом к солнцу, чтобы сконцентрировать все падающие на него тепловые лучи в одно ярко светящееся пятно, которое быстро воспламеняет любое горючее вещество, на которое оно может упасть (рис. 103). Мы можем представить, что один луч проходит из центра солнца через центр стекла. Он не отражается, но все остальные сгибаются в его сторону, проходя через более тонкие части линзы.

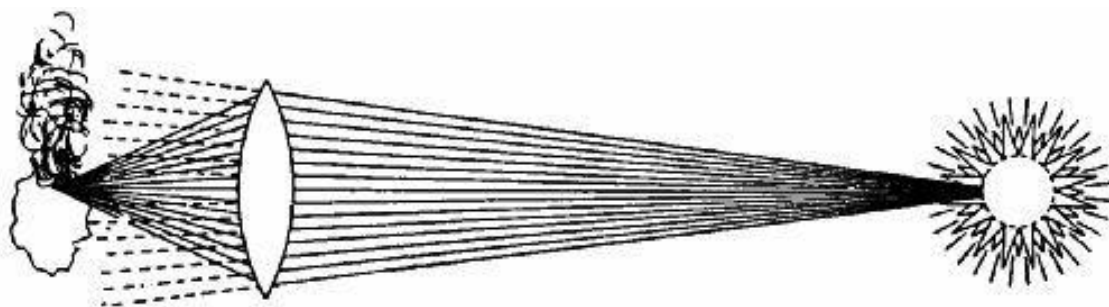


Рис. 103.

Показано, как обжиговое стекло концентрирует падающие на него тепловые лучи.

Здесь следует отметить, что *солнечный свет*, как мы его называем, сопровождается выделением тепла. Раскаленное стекло используется для концентрирования *тепловых* лучей, а не *световых* лучей, которые, хотя и собираются, не оказывают воспламеняющего эффекта.

В фотографии мы используем объектив только для концентрации световых лучей. Такие тепловые лучи, которые могут проходить через линзу вместе с ними, нежелательны, и, поскольку они не оказывают никакого практического эффекта, на них не обращают внимания. Чтобы иметь реальную ценность, линза должна быть совершенно симметричной, то есть кривая от центра к окружности должна быть одинаковой во всех направлениях.

Существует шесть форм простых линз, как показано на рис. 104. Номера 1 и 2 имеют одну плоскую и одну сферическую поверхность. Номера 3, 4, 5, 6 имеют две сферические поверхности. Когда линза толще в середине, чем по бокам, она называется *выпуклой* линзой; когда она тоньше, она называется *вогнутой*. Названия различных форм следующие: № 1 -

плосковыпуклая; № 2 - плосковогнутая; № 3 - двувыпуклая; № 4 - двугогнутая; № 5 - менисковая; № 6 - вогнуто-выпуклая. Линзы с толстым центром, как мы можем их назвать (№ 1, 3, 5), *концентрируют* пучок лучей, проходящих через них; в то время как линзы с тонким центром (№ 2, 4, 6) *рассеивают* лучи (см. рис. 105).

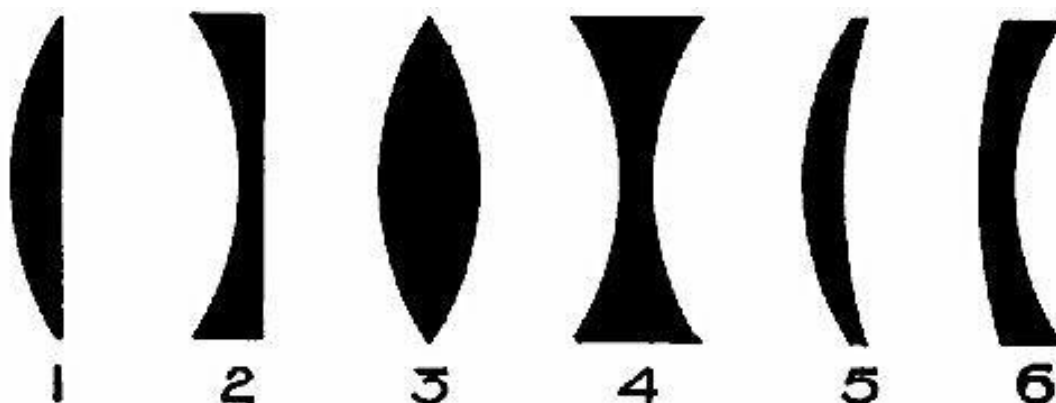


Рис. 104.Шесть

форм линз.

ФОТОАППАРАТ.

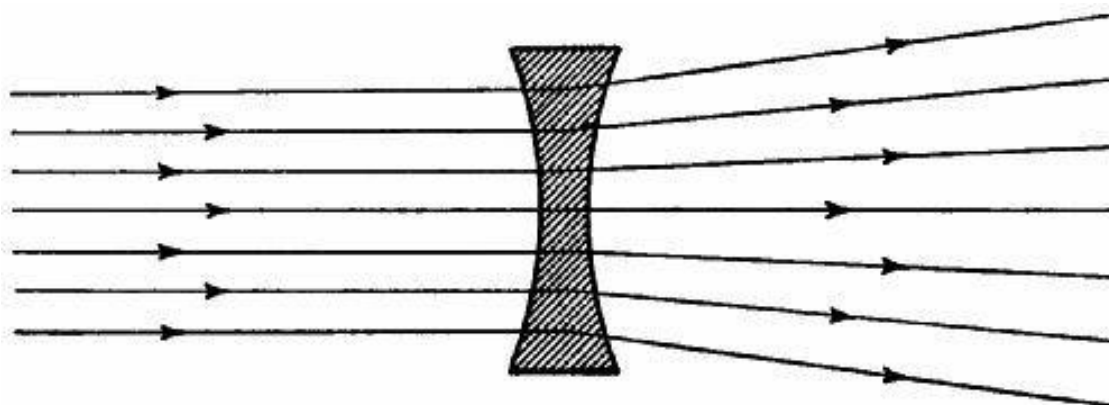


Рис. 105.

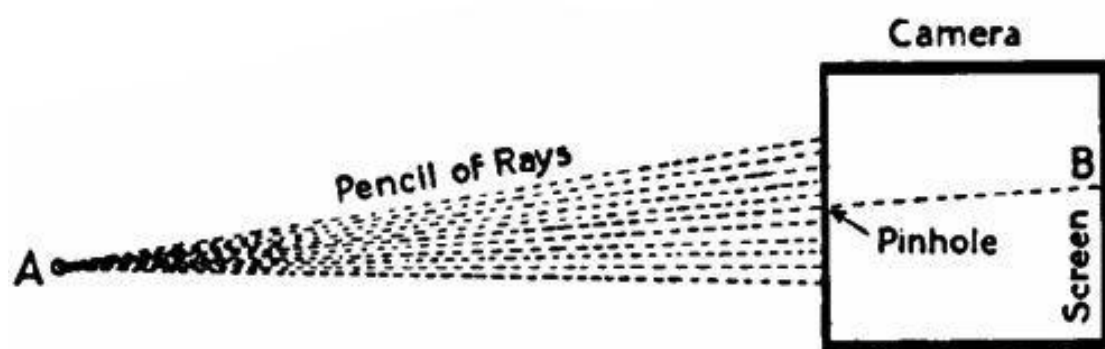


Рис. 106.

Выше мы говорили, что свет распространяется по прямым линиям. Доказать это несложно. Возьмите кусок картона и сделайте в нем отверстие. Установите его на некотором расстоянии от пламени свечи и держите за ним лист папиросной бумаги. Вы сразу заметите слабое, перевернутое изображение пламени на ткани. Почему это? Обратимся на мгновение к рис. 106, на котором показана камера-обскура в разрезе. Сзади находится экран из матового стекла В, на который выводится изображение. Предположим, что А - это самая низкая точка пламени. Пучок лучей, расходящихся от него, попадает на переднюю панель камеры, что останавливает их все, кроме того, который проходит через отверстие и образует

крошечное светящееся пятнышко на В, *над* центром экрана, хотя А находится ниже оси камеры. Аналогично кончик пламени (над осью) будет представлен точкой на экране ниже его центра. И так далее для всех миллионов точек пламени. Если бы мы увеличили отверстие, то получили бы более яркое изображение, но оно имело бы менее четкие очертания, потому что несколько лучей из каждой точки свечи достигли бы экрана и смешались бы с лучами соседних карандашей. Теперь, хотя хорошая, четкая фотография может быть сделана через точечное отверстие, требуемое время настолько велико, что фотосъемка такого рода имеет мало практической ценности. Что нам нужно, так это большое отверстие, через которое свет попадал бы в камеру, но при этом обеспечивал четкое изображение. Если мы поместим объектив в отверстие, то сможем осуществить наше желание. На рис. 107 показана установленная линза, собирающая некоторое количество лучей из точки А и фокусирующая их на точке В. Если площадь линзы в 1000 раз больше площади точечного отверстия, она будет пропускать в 1000 раз больше лучей, и изображение А будет отпечатано на чувствительной фотопластинке в 1000 раз быстрее.

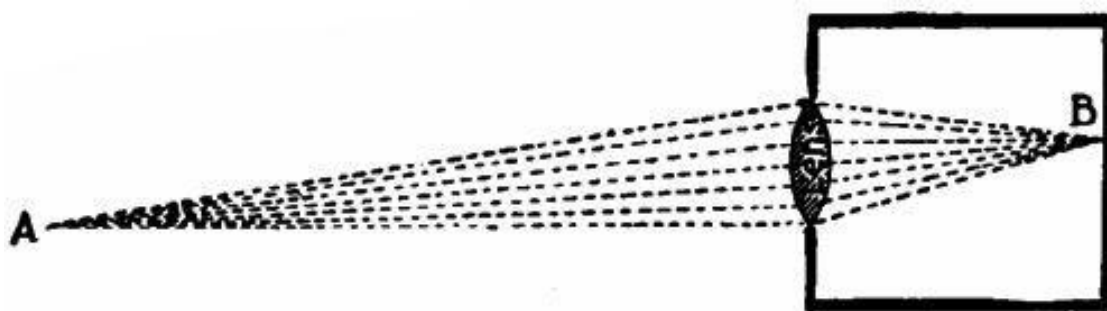


Рис. 107.

ИЗОБРАЖЕНИЕ, ПОЛУЧАЕМОЕ ВЫПУКЛОЙ ЛИНЗОЙ.

На рис. 108 схематично показано, как выпуклая линза формирует изображение. Считается, что от точек А и В, оконечностей объекта, простой луч проходит через центр линзы. Он вообще не отклоняется. Два других луча из тех же точек падают на линзу выше и ниже центра соответственно. Они загнуты внутрь и встречаются с центральными лучами или фокусируются с ними в точках А' и В'. В действительности бесчисленное количество лучей было бы передано из каждой точки объекта и собрано для формирования изображения.

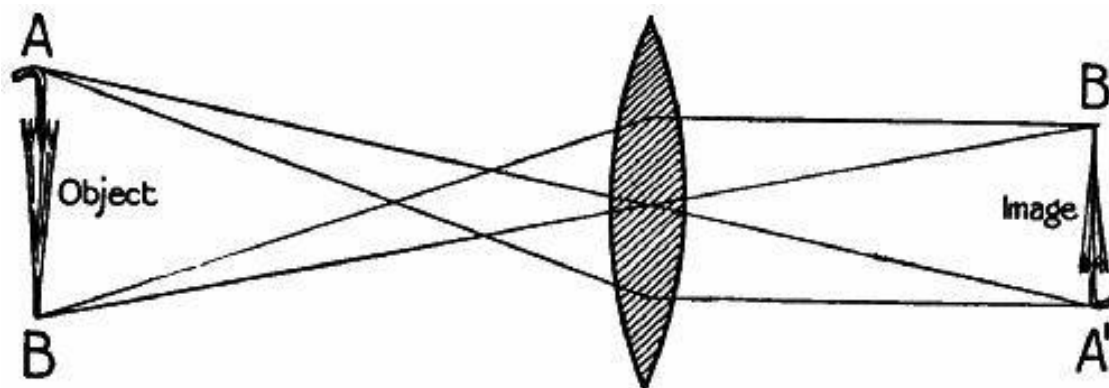


Рис. 108.—

Показано, как изображение формируется выпуклой линзой.

СОСРЕДОТОЧЬСЯ.

Теперь мы должны обратить особое внимание на это слово, которое так часто звучит в разговорах о фотографиях, — "фокус". Что подразумевается под фокусом или фокусным расстоянием объектива? Ну, это просто означает расстояние между оптическим центром линзы и плоскостью, в которой формируется изображение.

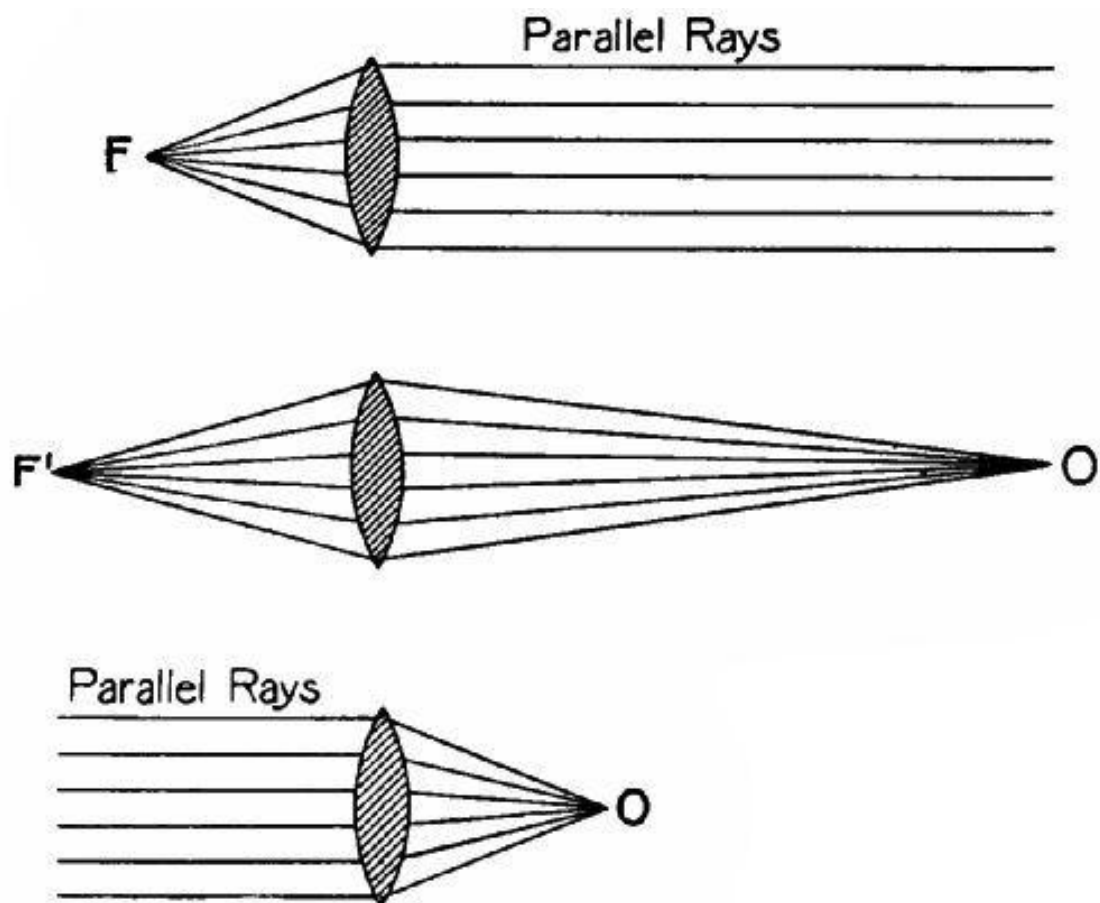


Рис. 109.

Здесь мы должны ненадолго отвлечься, чтобы привлечь внимание к трем простым диаграммам на рис. 109. Предполагается, что объект O в каждом случае находится справа от объектива. На самой верхней диаграмме объект находится так далеко от линзы, что все лучи, исходящие из одной точки в нем, практически параллельны. Они сходятся к фокусу в точке F . Если расстояние между F и центром объектива составляет шесть дюймов, мы говорим, что объектив имеет шестидюймовое фокусное расстояние. О фокусном расстоянии объектива судят по расстоянию между объективом и изображением, когда объект находится далеко. Чтобы избежать путаницы, это фокусное расстояние известно как *главный* фокус и обозначается символом f . На средней диаграмме объект находится совсем рядом с линзой, которой приходится иметь дело с лучами, падающими на ее более близкую поверхность под более острым углом, чем раньше (считая от центра). Поскольку линза может отклонять их траекторию только на фиксированную величину, они не будут сближаться после прохождения линзы до тех пор, пока не достигнут точки F' , расположенной дальше от линзы, чем F . Чем ближе мы приближаем O к линзе, тем дальше с другой стороны находится фокальная точка, пока не будет достигнуто расстояние, равное расстоянию F от линзы, когда лучи выходят из стекла параллельным карандашом. Теперь лучи больше не попадают в фокус, и изображения быть не может. Если приблизить O к фокусному расстоянию, то лучи *будут* расходятся после прохождения через линзу.....

ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБЪЕКТА И ИЗОБРАЖЕНИЯ.

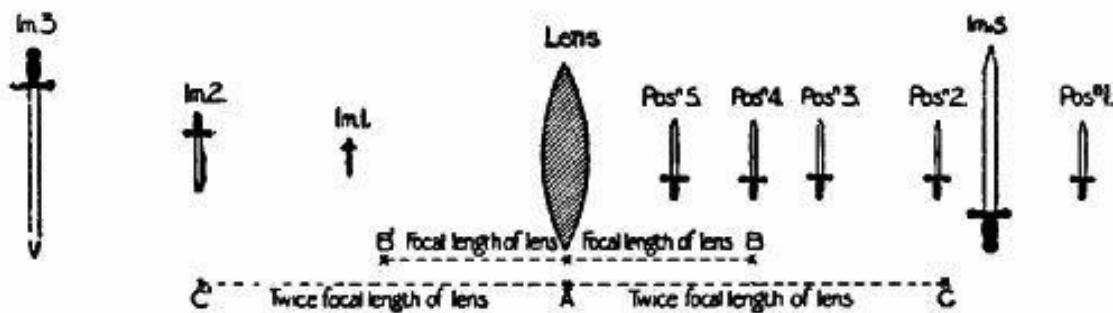


Рис. 110.—

Показано, как изменяется положение изображения относительно положения объекта.

Из сказанного выше мы делаем два основных вывода — (1.) Чем ближе объект к объективу, тем дальше от объектива будет изображение. (2.) Если объект приближается в пределах основного фокусного расстояния объектива, объектив не будет отбрасывать изображение. Чтобы сделать это более понятным, мы добавляем диаграмму (рис. 110), на которой показаны пять положений объекта и относительные положения изображения (пунктирными линиями). Во-первых, отметим, что линия AB , или AB' , обозначает основное фокусное расстояние объектива, а AC , или AC' , обозначает удвоенное фокусное расстояние. Мы займем позиции по порядку:—

Расположите I. Объект на расстоянии более $2f$ футов. Перевернутое изображение *меньше*, чем объект, на расстоянии, несколько превышающем f .

Позиция II. Объект на расстоянии $= 2f$. Перевернутое изображение на расстоянии $= 2f$ размером, равным размеру объекта.

Положение III Объекта ближе, чем на $2f$. Перевернутое изображение на расстоянии более $2f$; *больше*, чем сам объект.

Позиция IV. Объект на расстоянии $= f$. Поскольку лучи параллельны после прохождения линзы, *никакого* изображения не получается.

Расположите V. Объект на расстоянии менее f . Объектив теперь не дает реального изображения, то есть того, которое можно поймать на фокусирующем экране, но на той же стороне объектива, что и объект, существует увеличенное, прямое, *виртуальное* изображение.

Сейчас мы более подробно обратимся к *виртуальным* изображениям. Хочется надеяться, что любой читатель, занимающийся фотографией, теперь поймет, почему при съемке объектов с близкого расстояния необходимо выставлять камеру за пределы обычного фокусного расстояния. Из рис. 110 он может извлечь один практически полезный намек, а именно, что для копирования диаграммы и т.д. в натуральную величину и она, и пластинка должны находиться на расстоянии ровно $2f$ от оптического центра линзы. И из этого следует, что чем дальше он сможет выдвинуть свою камеру за пределы $2f$, тем больше будет возможное увеличение оригинала.

КОРРЕКЦИЯ ЦВЕТА ЛИНЗ.

Мы упоминали о разделении цветов спектра белого света с помощью призмы. Итак, линза - это одна из форм призмы, и, следовательно, она сортирует цвета. На рис. 111 мы предполагаем, что два параллельных красных луча и два параллельных фиолетовых луча от

удаленного объекта проходят через линзу. Линза оказывает наибольшее изгибающее воздействие на фиолетовые лучи и наименьшее - на красные, а на другие цвета спектра оказывает промежуточное влияние. Для простоты мы взяли только два крайних варианта. Вы замечаете, что точка R, в которой встречаются красные лучи, находится гораздо дальше от линзы, чем точка V, точка встречи фиолетовых лучей. Фотографу очень редко приходится снимать объект, на котором нет объектов нескольких разных цветов, и очевидно, что если бы он использовал простой объектив, подобный показанному на рис. 111, и хорошо сфокусировал красные объекты, синяя и зеленая части его снимка обязательно были бы более или менее не в фокусе.

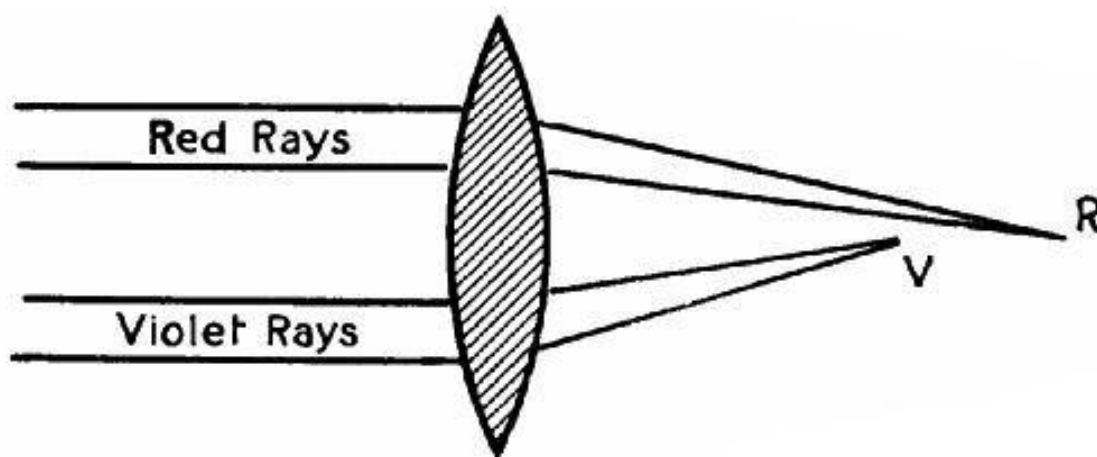


Рис. 111.

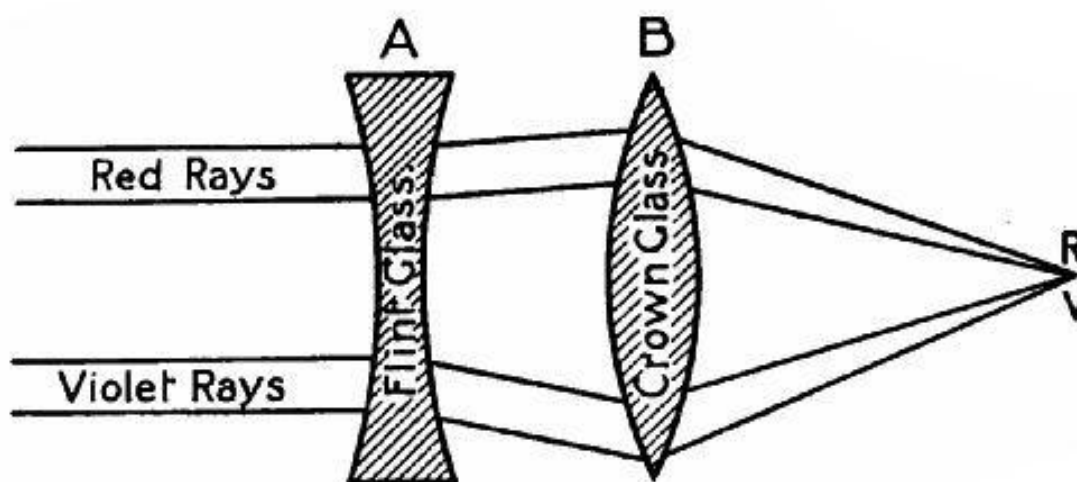


Рис. 112.

К счастью, этот дефект можно исправить методом, показанным на рис. 112. Необходима *составная* линза, состоящая из выпуклого элемента из *корончатого* стекла В и вогнутого элемента А из *кремневого* стекла. Для иллюстрации две части показаны разделенными; на практике они были бы склеены вместе, образуя одно оптическое тело, более толстое в центре, чем по краям — фактически менисковую линзу, поскольку А не настолько вогнутая, насколько В выпуклая. Так вот, много лет назад неким мистером Холлом было обнаружено, что если белый свет проходить через две похожие призмы, одну из кремневого стекла, другую из краун-стекла, то первая оказывала больший эффект в разделении цветов спектра — то есть фиолетовые лучи отклонялись в сторону более резко по сравнению с красными лучами, чем это происходило с призмой из краун-стекла. Посмотрите на рис. 112. Красные

лучи, проходящие через кремневое стекло, лишь незначительно отклоняются, в то время как фиолетовые лучи внезапно поворачиваются наружу. Это как раз то, что требуется, поскольку оно противодействует неравномерному внутреннему преломлению на В, и оба набора лучей фокусируются в одной плоскости. Такая линза называется *ахроматической*, или бесцветной. Если вы поднесете обычное стекло для чтения на некотором расстоянии от крупного шрифта, вы увидите, что буквы окаймлены цветными полосами, доказывающими, что линза не ахроматическая. Правильно скорректированный фотографический объектив не показал бы этих красивых окантовок. Цветокоррекция необходима также для линз, используемых в телескопах и микроскопах.

СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ.

Линза, исправленная по цвету, все еще несовершенна. Если лучи проходят через все его части, то те, которые падают на него ближе к краю, будут преломляться сильнее, чем те, которые ближе к центру, и в результате получится размытый фокус. Это называется *сферической аберрацией*. Вы сможете понять причину из рис. 113 и 114. Два луча, А, параллельны оси и входят в линзу около центра (рис. 113). Они пересекаются в одной плоскости. Два других луча, В, падают на линзу очень косо, ближе к краю, и поэтому оба резко направлены вверх, фокусируясь в плоскости, более близкой к линзе, чем А. Если бы это происходило в камере, результаты были бы очень плохими. Либо А, либо В были бы не в фокусе. Проблему можно свести к минимуму, поместив перед линзой пластинку с центральным круглым отверстием в ней (обозначено толстой темной линией на рис. 114). Лучи В на рис. 113 останавливаются этой пластиной, которая поэтому называется *ограничителем*. Но другие лучи из той же точки проходят через отверстие. Однако они попадают на линзу гораздо более точно над центром и не преломляются чрезмерно, так что фокусируются в той же плоскости, что и лучи А.

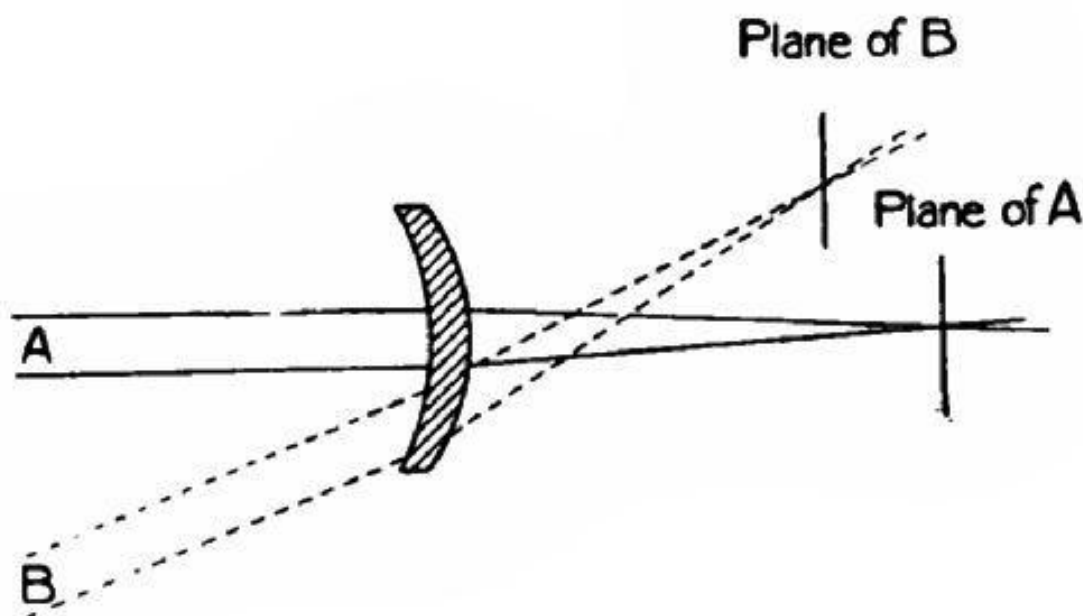


Рис. 113.

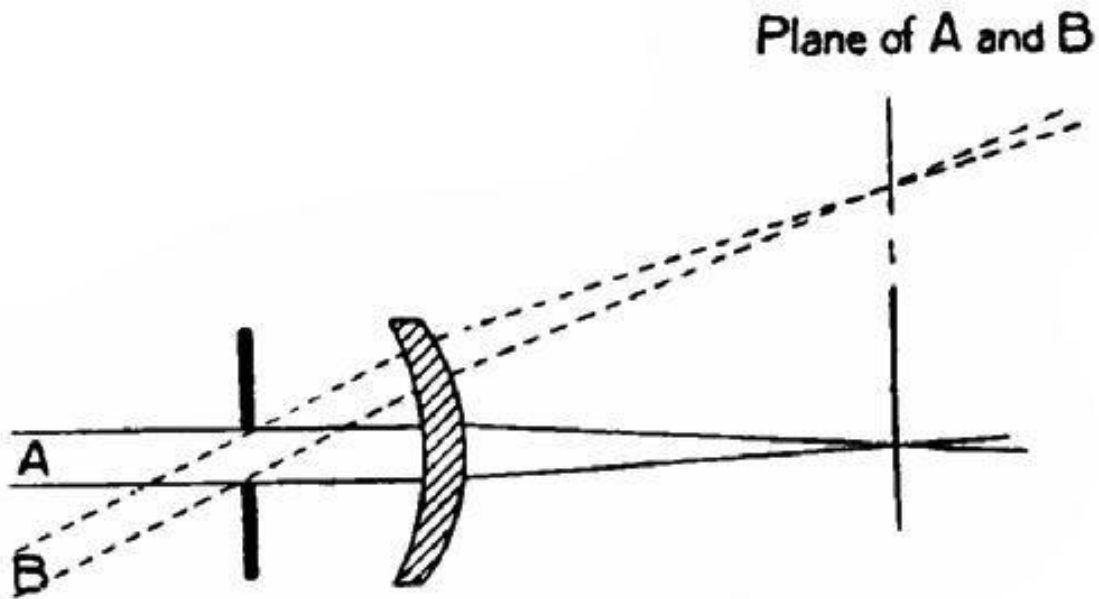


Рис. 114.

ИСКАЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ.

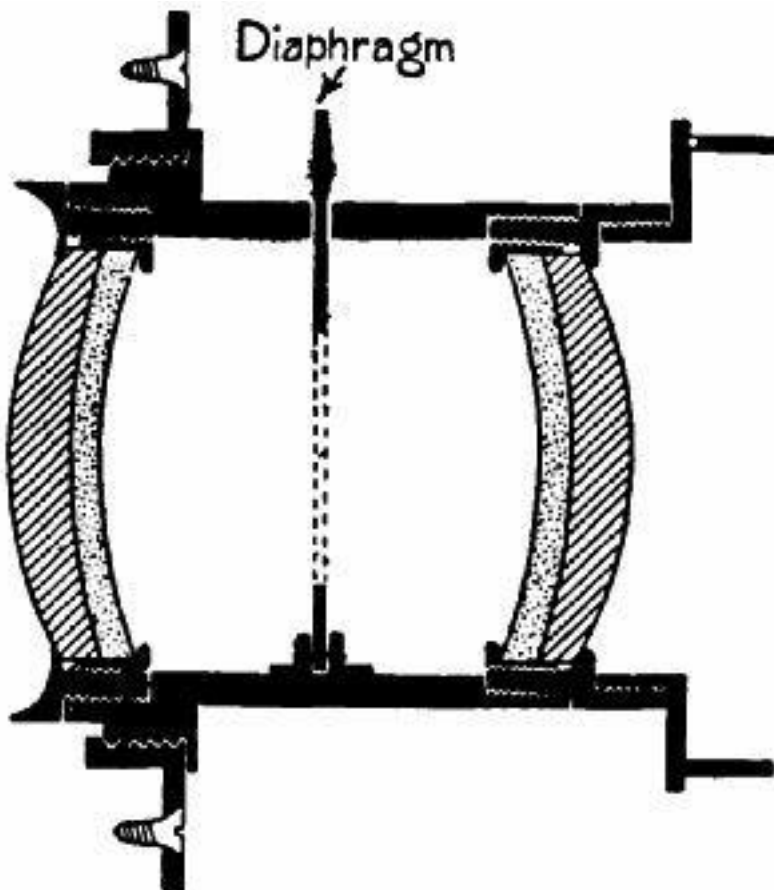


Рис. 115. Сечение прямолинейной

линзы.

Рассматриваемый нами объектив представляет собой одиночный мениск, такой, какой используется в пейзажной фотографии, установленный выпуклой стороной внутрь камеры и имеющий упор перед собой. Если у вас есть объектив такого типа, попробуйте провести с

ним следующий эксперимент. Нарисуйте большой квадрат на листе белой бумаги и сфокусируйте его на экране. Стороны вместо того, чтобы быть прямыми, изгибаются наружу: это называется *бочкообразным* перекосом. Теперь поверните крепление объектива так, чтобы объектив был направлен наружу, а упор - внутрь. Будет казаться, что стороны квадрата изгибаются к центру: это *искажение* подушечки для булавок. Долгое время оптики не могли найти лекарство. Затем мистер Джордж С. Канделл предложил использовать две менисковые линзы в комбинации, по одной с каждой стороны от упора, как показано на рис. 115. Каждый из них вызывает искажение, но ему противодействует противоположное искажение другого, и квадрат представляется как квадрат. Линзы такого типа называются *прямолинейными*, или прямолинейно производящими.

Теперь мы рассмотрели три основных дефекта объектива — хроматическую аберрацию, сферическую аберрацию и дисторсию — и увидели, как их можно устранить. Итак, теперь мы перейдем к самой совершенной из камер,

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГЛАЗ.

Глаз (рис. 116) имеет почти сферическую форму и окружен снаружи, за исключением передней части, жесткой роговой оболочкой, называемой *склеротикой*. Спереди находится *роговица* (А), которая выступает наружу и действует как прозрачное окно, пропускающее свет к хрусталику глаза (С). Внутри склеротической оболочки и рядом с ней находится *сосудистая оболочка*; и внутри нее снова находится *сетчатка*, или изогнутый фокусирующий экран глаза, который лучше всего можно описать как сеть волокон, отходящих от зрительного нерва, который передает зрительные ощущения в мозг. Полость шарика заполнена желеобразным веществом, называемым *стекловидным телом*; а полость между хрусталиком и роговицей заполнена водой.

Мы уже видели, что при фокусировке расстояние между объективом и изображением зависит от расстояния между объектом и линзой. Теперь сетчатку нельзя приблизить к объективу или отодвинуть от него подальше, как фокусирующий экран фотоаппарата. Как же тогда глаз способен четко фокусировать объекты на расстояниях от фута до многих миль?

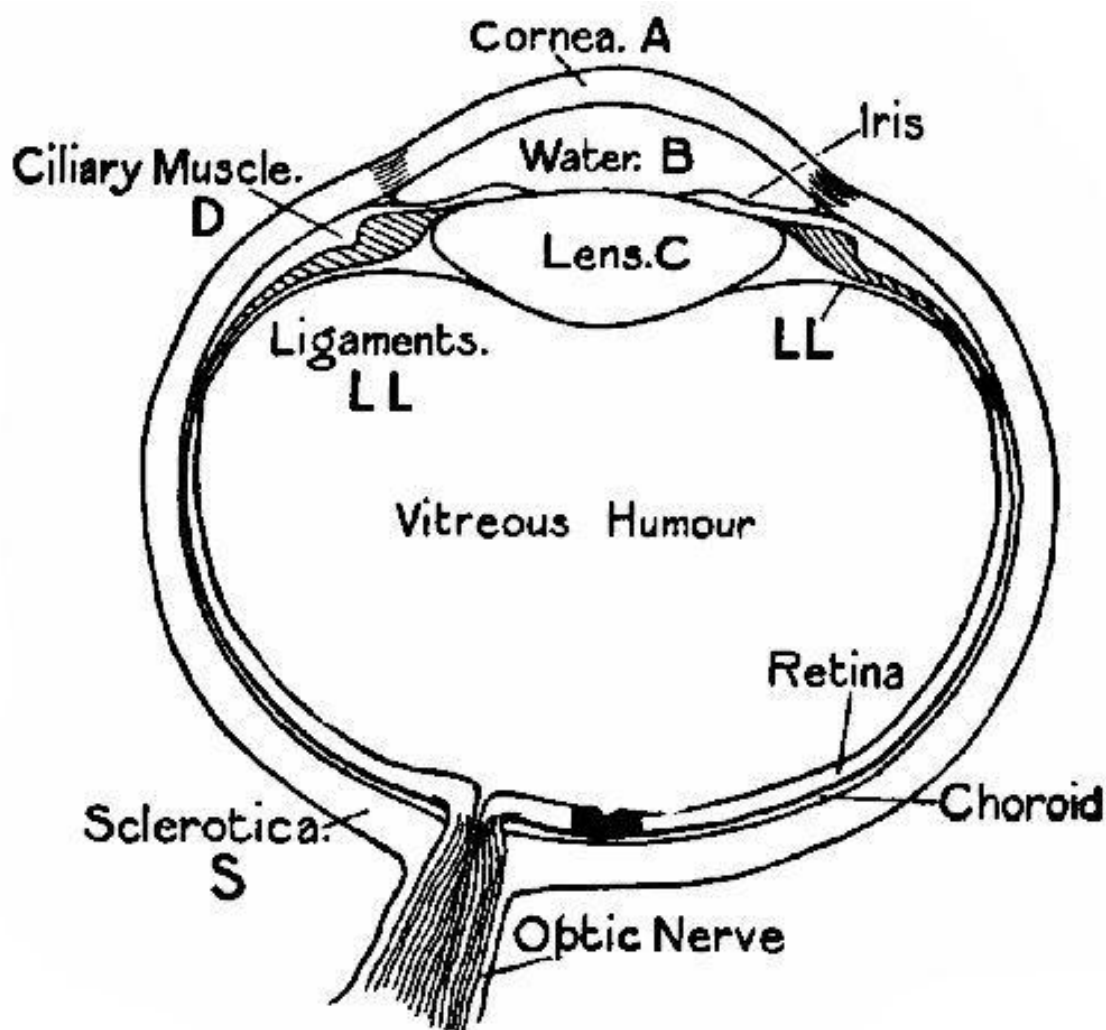


Рис. 116. Разрез

человеческого глаза.

В качестве предварительного ответа мы должны заметить, что чем выпуклее линза, тем короче ее фокус. Предположим, что у нас есть коробчатая камера с объективом шестидюймового фокуса, жестко закрепленным в положении, необходимом для получения четкого изображения удаленных объектов. Так получилось, что мы хотим сделать с его помощью портрет человека, находящегося всего в нескольких футах от объектива. Если бы это была сильфонная камера, нам следовало бы сделать снимок сзади или спереди. Но мы не можем сделать это здесь. Итак, мы помещаем перед нашим объективом вторую выпуклую линзу, которая сокращает его основную фокусировку; так что *фактически* коробка была достаточно вытянута.

Природа, однако, использует гораздо более совершенный метод, чем этот. Хрусталик глаза пластиковый, похожий на кусок индийской резины. Его края прикреплены к связкам (L L), которые вытягиваются наружу и стремятся сгладить изгиб его поверхностей. Обычный фокус предназначен для удаленных объектов. Когда мы читаем книгу, глаз сам приспосабливается к работе. Связки расслабляются, и хрусталик уменьшается в диаметре, одновременно утолщаясь в центре, пока его кривизна не станет такой, что все лучи от книги будут четко фокусироваться на сетчатке. Если мы внезапно смотрим через окно на что-то снаружи, связки натягивают оболочку хрусталика и сглаживают изгибы.

Этот замечательный объектив ахроматичен и не содержит сферических aberrаций и искажений изображения. Также не следует забывать, что этому способствует

автоматическая "остановка" - *радужная оболочка*, центральное отверстие которой называется *зрачком*. Мы говорим, что у человека черные, голубые или серые глаза в зависимости от цвета радужной оболочки. Подобно хрусталику, радужная оболочка приспосабливается ко всем условиям, сокращаясь при сильном освещении и раскрываясь при слабом, так что в глаз может попадать настолько равномерное количество света, насколько позволяют условия. Большинство современных объективов фотокамер оснащены регулируемыми ограничителями, которые можно увеличить или уменьшить, повернув кольцо на креплении, и называются ограничителями "радужной оболочки". Изображение всего увиденного попадает на сетчатку в перевернутом виде, и мозг снова меняет положение, так что мы получаем правильное представление о вещах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЧКОВ.

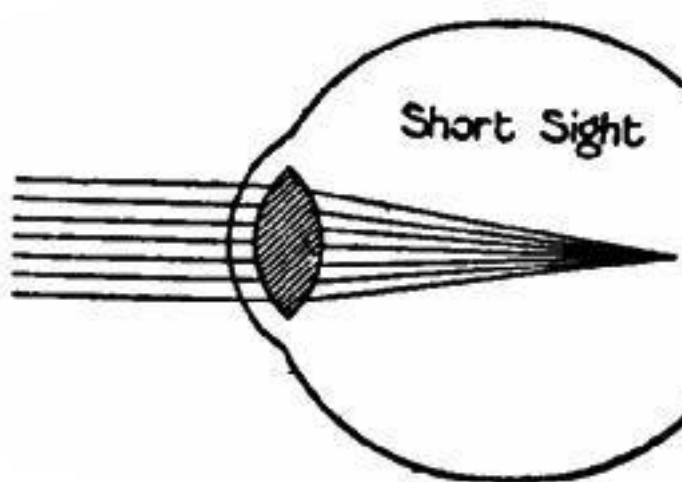


Рис. 117а.

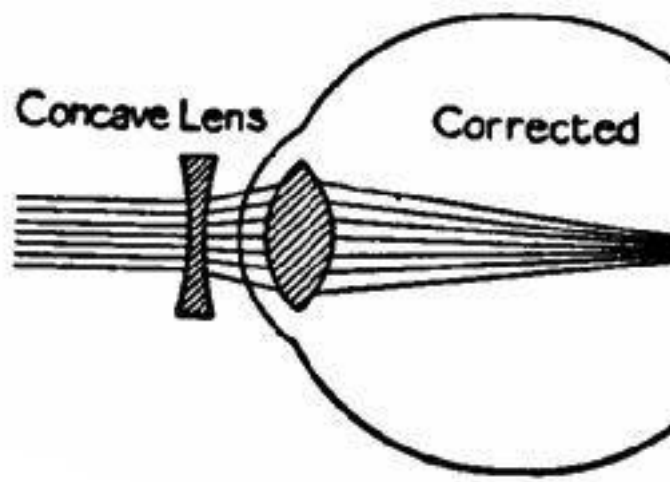


Рис. 117б.

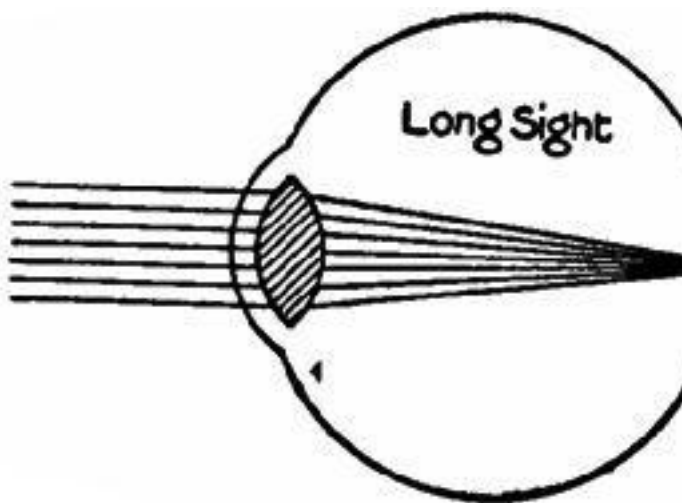


Рис. 118а.

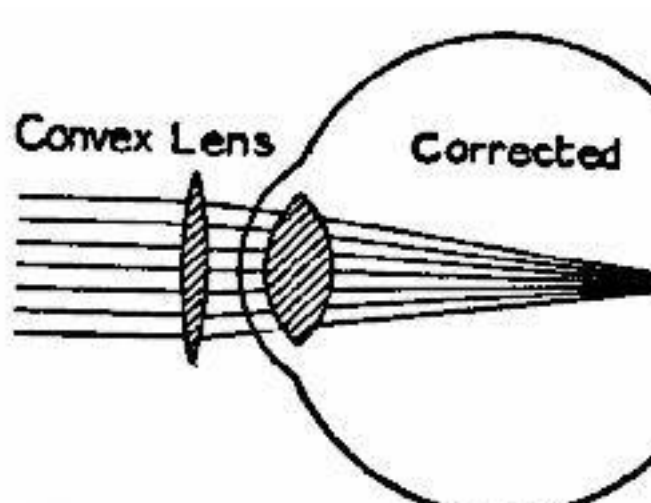


Рис. 118б.

Теперь читатель сможет без особых проблем разобраться в назначении очков. Очень многие люди всех возрастов страдают близорукостью. По той или иной причине расстояние между хрусталиком и сетчаткой становится слишком большим, чтобы человек мог четко различать

удаленные объекты. Хрусталик, как показано на рис. 117а, слишком выпуклый — его минимальный фокус слишком короткий — и лучи встречаются и пересекаются, прежде чем достигают сетчатки, вызывая общую путаницу очертаний. Этот дефект можно просто устранить, поместив перед глазом (рис. 117b) *вогнутую* линзу, которая несколько рассеивает лучи перед тем, как они попадут в глаз, так что они фокусируются на сетчатке. Если зрение человека таким образом скорректировано на удаленные объекты, он все равно может довольно отчетливо видеть близкие объекты, поскольку хрусталик приспособит к ним свою выпуклость. Научный термин для обозначения близорукости - *миопия*. Дальнозоркость, или *гиперметропия*, означает, что глазное яблоко слишком короткое или хрусталик слишком плоский. Рис. 118а представляет нормальное состояние дальнозоркого глаза. При взгляде на удаленный объект глаз слегка утолщается и переносит фокус вперед, на сетчатку. Но его утолщающая способность в таком глазу очень ограничена, и, следовательно, лучи от близкого объекта фокусируются за сетчаткой. Поэтому дальнозоркому человеку необходимо использовать *выпуклые* очки для чтения газеты. Как видно на рис. 118b, очковая линза концентрирует лучи до того, как они попадают в глаз, и таким образом выполняет часть работы глаза за нее.

Возвращаясь на мгновение к схеме глаза (рис. 116), мы замечаем черное пятно на сетчатке возле зрительного нерва. Это "желтое пятно". Зрение наиболее отчетливо проявляется, когда изображение рассматриваемого объекта формируется на этой части сетчатки. "Слепое пятно" - это точка, в которой зрительный нерв входит в сетчатку, названная так из-за того, что она совершенно нечувствительна к свету. Обнаружение слепого пятна - интересный небольшой эксперимент. На карточке сделайте большое и маленькое пятна на расстоянии трех дюймов друг от друга, одно в восьмую, другое в полдюйма в диаметре. Поднесите карточку к лицевой стороне так, чтобы глаз находился точно напротив каждого пятна, и закройте глаз напротив меньшего. Теперь направьте другой глаз на это пятно, и вы обнаружите, если перемещать карточку взад и вперед, что на определенном расстоянии большое пятно, хотя и во много раз больше своего собрата, полностью исчезло, потому что лучи от него попадают в открытый глаз косо и падают на "слепое пятно".

Глава XIII.

МИКРОСКОП, ТЕЛЕСКОП И ВОЛШЕБНЫЙ ФОНАРЬ.

Простой микроскоп—Использование простого микроскопа в телескопе—Наземный телескоп—Телескоп Галилея—Призматический телескоп—Телескоп—рефлектор—Параболическое зеркало—Составной микроскоп-Волшебный фонарь—Биоскоп—плоское зеркало.

На рис. 119 изображен глаз, смотрящий на вазу высотой три дюйма, расположенную на расстоянии А, футов от него. Если бы мы поместили другую вазу, В, высотой шесть дюймов, на расстоянии двух футов; или С, высотой девять дюймов, на расстоянии трех футов; или D, высотой фут, на расстоянии четырех футов, изображение на сетчатке в каждом случае было бы того же размера, что и изображение, создаваемое А. Следовательно, мы можем установить правило, согласно которому *видимый размер объекта зависит от угла, под которым он направлен на глаз.*

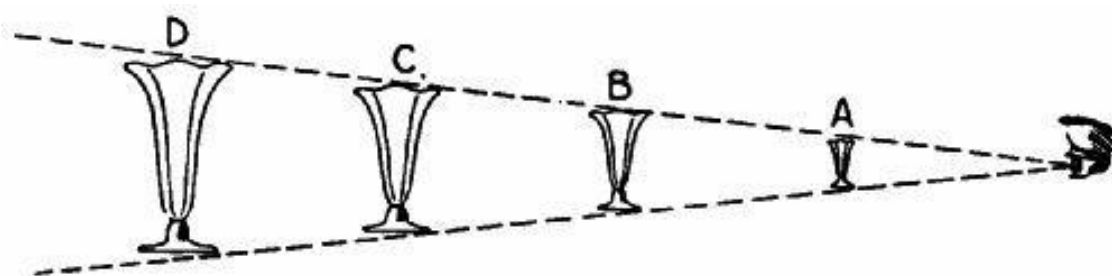


Рис. 119.

Чтобы разглядеть предмет яснее, мы подходим к нему поближе; и если он очень маленький, мы подносим его поближе к глазу. Однако существует предел близости, до которой это может быть доведено с пользой. Нормальный глаз не в состоянии сфокусироваться на объекте, находящемся менее чем в десяти дюймах от него, что называется "наименьшим расстоянием четкого видения".

ПРОСТОЙ МИКРОСКОП.

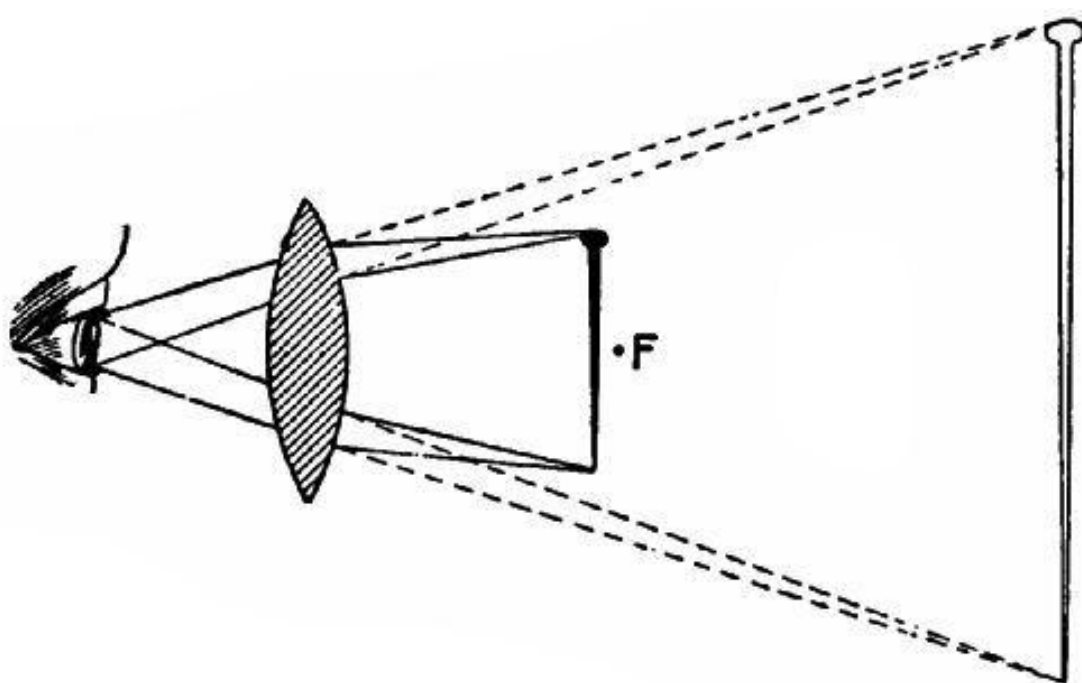


Рис. 120.

Увеличительное стекло пригодится, когда мы хотим рассмотреть объект очень внимательно. Стекло представляет собой линзу с коротким фокусным расстоянием, удерживаемую на расстоянии, несколько меньшем, чем ее основное фокусное расстояние, F (см. рис. 120), от объекта. Лучи от головки и кончика булавки, которые входят в глаз, обозначены непрерывными линиями. Поскольку они отклоняются стеклом, у глаза создается впечатление, что гораздо более длинная булавка расположена на значительном расстоянии позади реального объекта в плоскости, в которой преломленные лучи встретились бы, если бы были направлены назад (показано пунктирными линиями). Действие стекла, практически, заключается в удалении его (объекта) за пределы наименьшего расстояния отчетливого видения и в то же время в сохранении неизменным угла, под которым оно поворачивается к глазу, или, что то же самое, фактического размера изображения, формируемого на сетчатке.^[22] Отсюда следует, что если линза будет настолько короткофокусной, что позволит нам четко видеть объект на расстоянии двух дюймов — то есть одной пятой наименьшего расстояния отчетливого видения — мы получим изображение на сетчатке в пять раз большего диаметра, чем было бы возможно без линзы.

Две простые диаграммы (рис. 121 и 122) показывают, почему увеличиваемое изображение должно располагаться ближе к линзе, чем к основному фокусу F . Мы уже видели (рис. 109), что лучи, исходящие из точки в главной фокальной плоскости, выглядят как параллельный пучок. На них глаз может сфокусироваться, потому что обычно он имеет кривизну для фокусировки параллельных лучей. Но, благодаря силе "аккомодации", он также может фокусировать *расходящиеся* лучи (рис. 121), при этом хрусталик глаза утолщается на необходимую величину, и поэтому мы помещаем нашу лупу немного ближе, чем F , чтобы получить полное преимущество близости. Если бы объект находился *вне* основного фокуса, как показано на рис. 122, исходящие от него лучи сходились бы, и хрусталик глаза не смог бы собрать их в резкую точку, поскольку он не может *сплющиться* больше, чем требуется для фокусировки параллельных лучей.

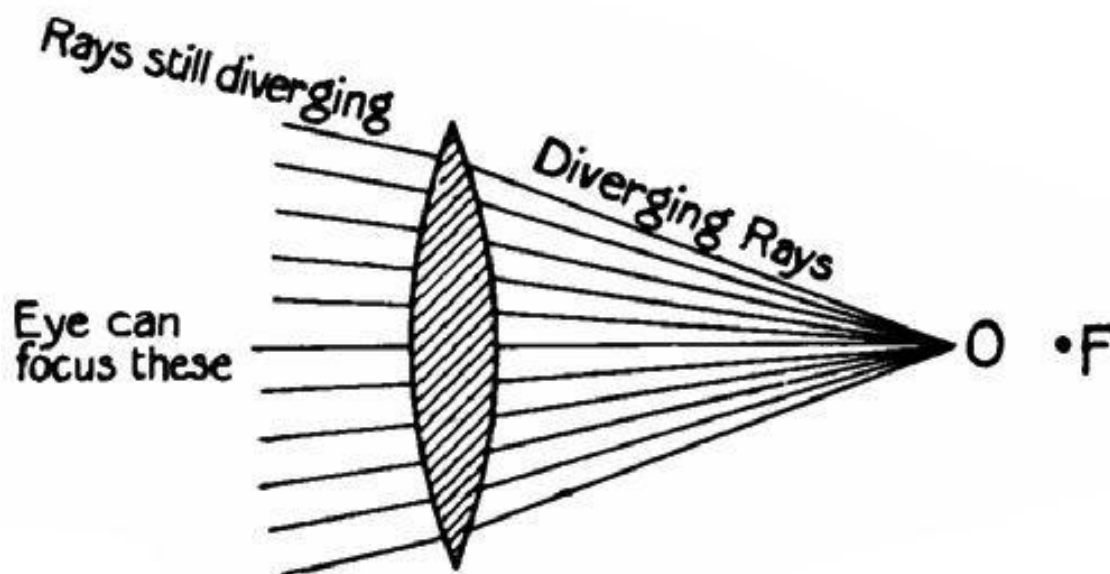


Рис. 121.

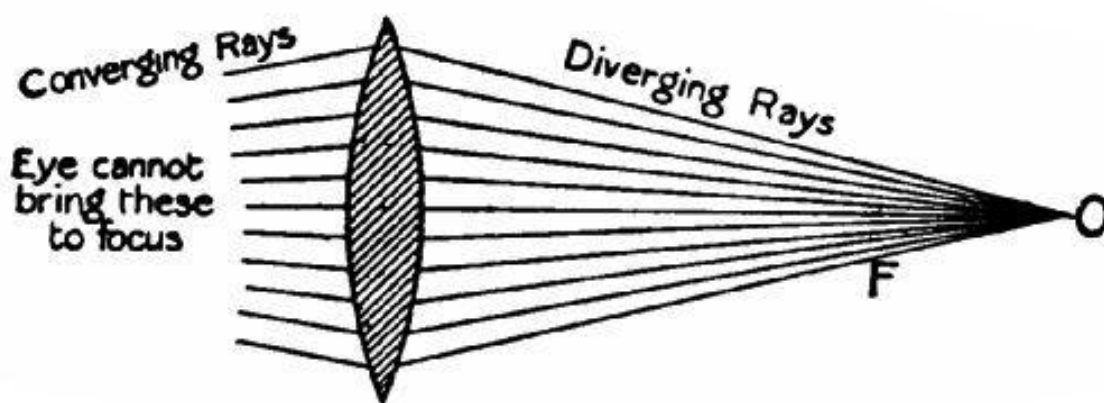


Рис. 122.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТОГО МИКРОСКОПА В ТЕЛЕСКОПЕ.

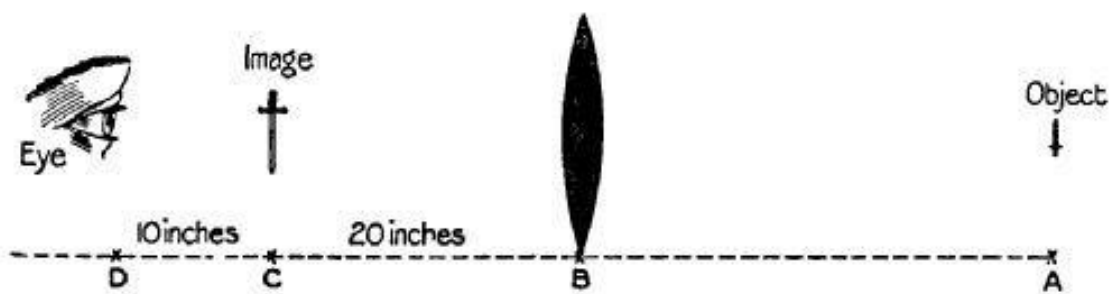


Рис. 123.

Теперь обратимся к рис. 123. Точка А - удаленный объект, скажем, на расстоянии ста ярдов. В - двойная выпуклая линза с фокусным расстоянием двадцать дюймов. Мы можем предположить, что это линза в фотоаппарате. Перевернутое изображение объекта отбрасывается линзой в точку С. Если бы глаз был помещен в точку С, он бы ничего не различал. Но если отойти на D, наименьшее расстояние отчетливого обзора, то [23] за С изображение видно четко. То, что изображение действительно находится в точке С, доказывается опусканием фокусирующего экрана, который сразу же улавливает его. Теперь, поскольку фокус объектива в два раза больше d , изображение будет в два раза больше, чем выглядел бы объект при непосредственном просмотре без объектива. Мы можем выразить это в очень простой формуле:—

$$\text{Увеличение} = \frac{\text{фокусное расстояние объектива}}{d}$$

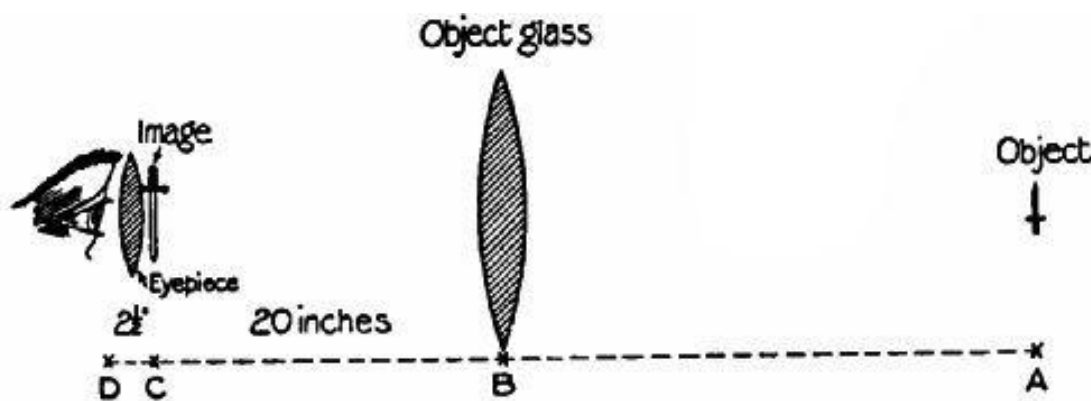


Рис. 124.

На рис. 124 мы поместили между глазом и объектом маленькую лупу с фокусом $2\frac{1}{2}$ дюйма, так что теперь глаз может четко видеть изображение на расстоянии одной четверти d от него. В уже увеличивает изображение в два раза; окуляр снова увеличивает его в четыре раза; так что общее увеличение составляет $2 \times 4 = 8$ раз. Этот результат быстро достигается путем деления фокуса В (который соответствует объективному стеклу телескопа) на фокус окуляра, таким образом:—

$$\frac{20}{2\frac{1}{2}} = 8$$

Обычный астрономический телескоп имеет очень длиннофокусное объективное стекло на одном конце трубы и очень короткофокусный окуляр на другом. Чтобы ясно видеть объект, нужно просто вдвигать или вытаскивать окуляр до тех пор, пока его фокус не будет точно соответствовать фокусу объектива.

ЗЕМНОЙ ТЕЛЕСКОП.

Астрономический телескоп инвертирует изображения. Такая инверсия неудобна для других целей. Таким образом, наземный телескоп (такой, каким обычно пользуются моряки) имеет окуляр, состоящий из четырех выпуклых линз, которые как выпрямляют, так и увеличивают изображение. На рис. 125 показана простейшая форма составной монтажной проушины.

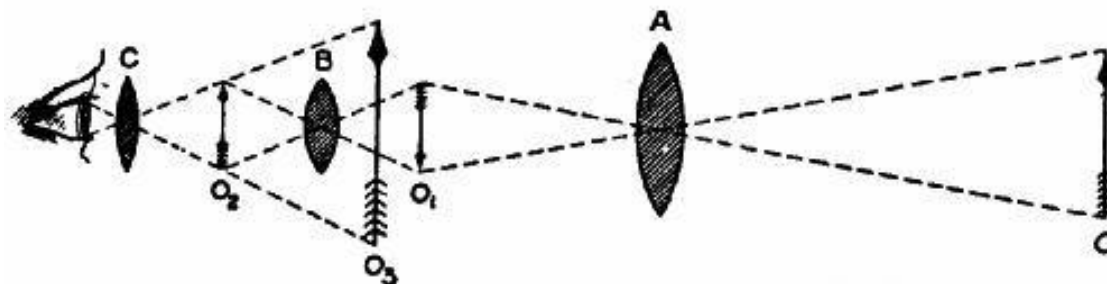


Рис. 125.

ГАЛИЛЕЕВ ТЕЛЕСКОП.

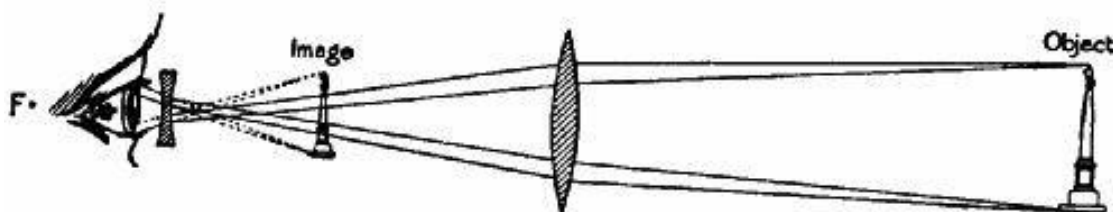


Рис. 126.

Третья форма телескопа - это телескоп, изобретенный великим итальянским астрономом Галилеем, [24] в 1609 году. Его принцип показан на рис. 126. Лучи, пропускаемые предметным стеклом, *перед* фокусировкой попадают на вогнутую линзу, которая разделяет их так, что кажется, что они пересекаются на путях схождения, обозначенных пунктирными линиями. Изображение прямое. Театральные бинокли сконструированы по принципу Галилея.

ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП.

Чтобы иметь возможность использовать длиннофокусное объективное стекло без длиннофокусной трубки, иногда используется система стеклянных отражающих призм, как показано на рис. 127. Луч, проходящий через предметное стекло, отражается от одной задней поверхности призмы А на другую заднюю поверхность и по ней выходит через переднюю часть на вторую призму, расположенную под прямым углом к ней, которая пропускает луч на составной окуляр. Таким образом, расстояние между предметным стеклом и окуляром увеличивается практически втрое. Наиболее известными призматическими телескопами являются полевые бинокли Zeiss.

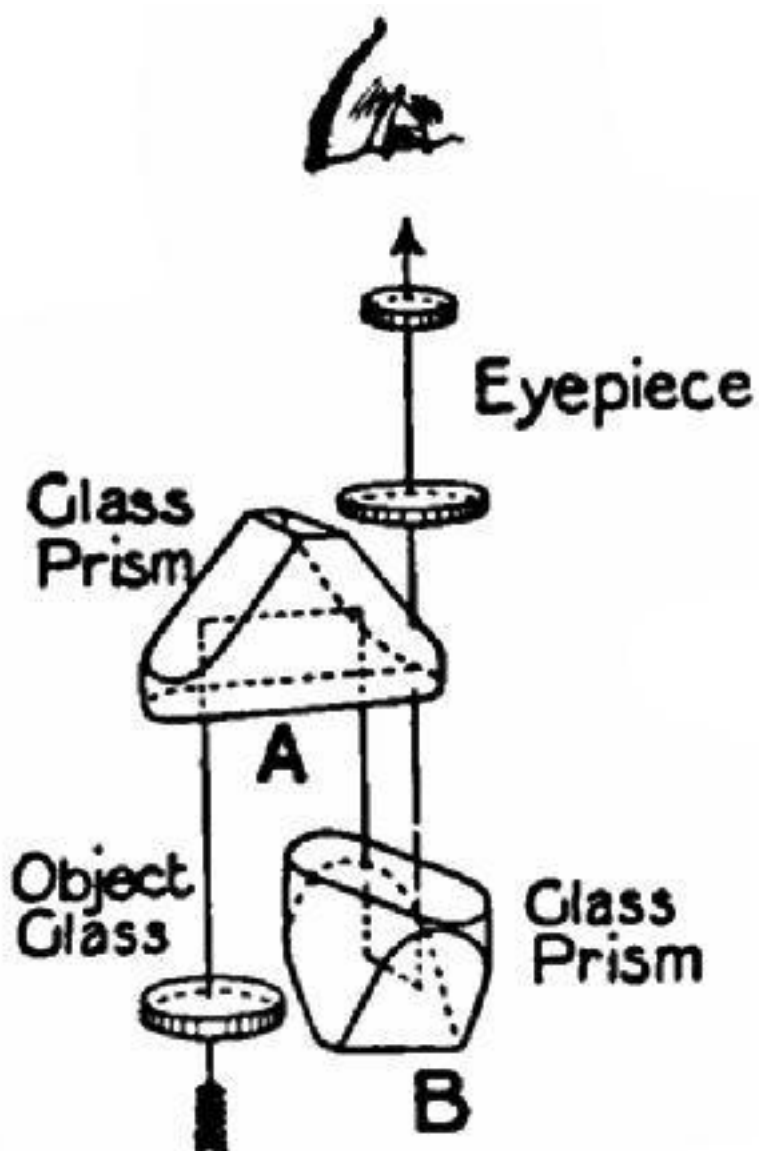


Рис. 127.

ТЕЛЕСКОП-ОТРАЖАТЕЛЬ.

Мы не должны упускать из виду *телескоп*-, столь широко используемый астрономами. Передняя часть телескопа открыта, на ней нет предметного стекла. Лучи от объекта падают на параболическое зеркало, расположенное в задней части трубы. Это отражает их вперед, к фокусу. В ньютоновском отражателе плоское зеркало или призма расположены по оси трубки, в фокусе, для отражения лучей через окуляр, выступающий через боковую стенку трубки. Отражатель в форме Гершеля имеет зеркало, установленное под углом к оси, так что лучи отражаются прямо в окуляр, направленный боковой стороной трубки в сторону зеркала.

ПАРАБОЛИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО.

Это зеркало (рис. 128) имеет такую форму, что все лучи, параллельные оси, отражаются в общую точку. В морском прожекторе установлена мощная дуговая лампа, дуга которой находится в фокусе параболического отражателя, который направляет весь отраженный свет вперед пучком параллельных лучей. Самый мощный из существующих прожекторов дает свет, равный 350 миллионам свечей.

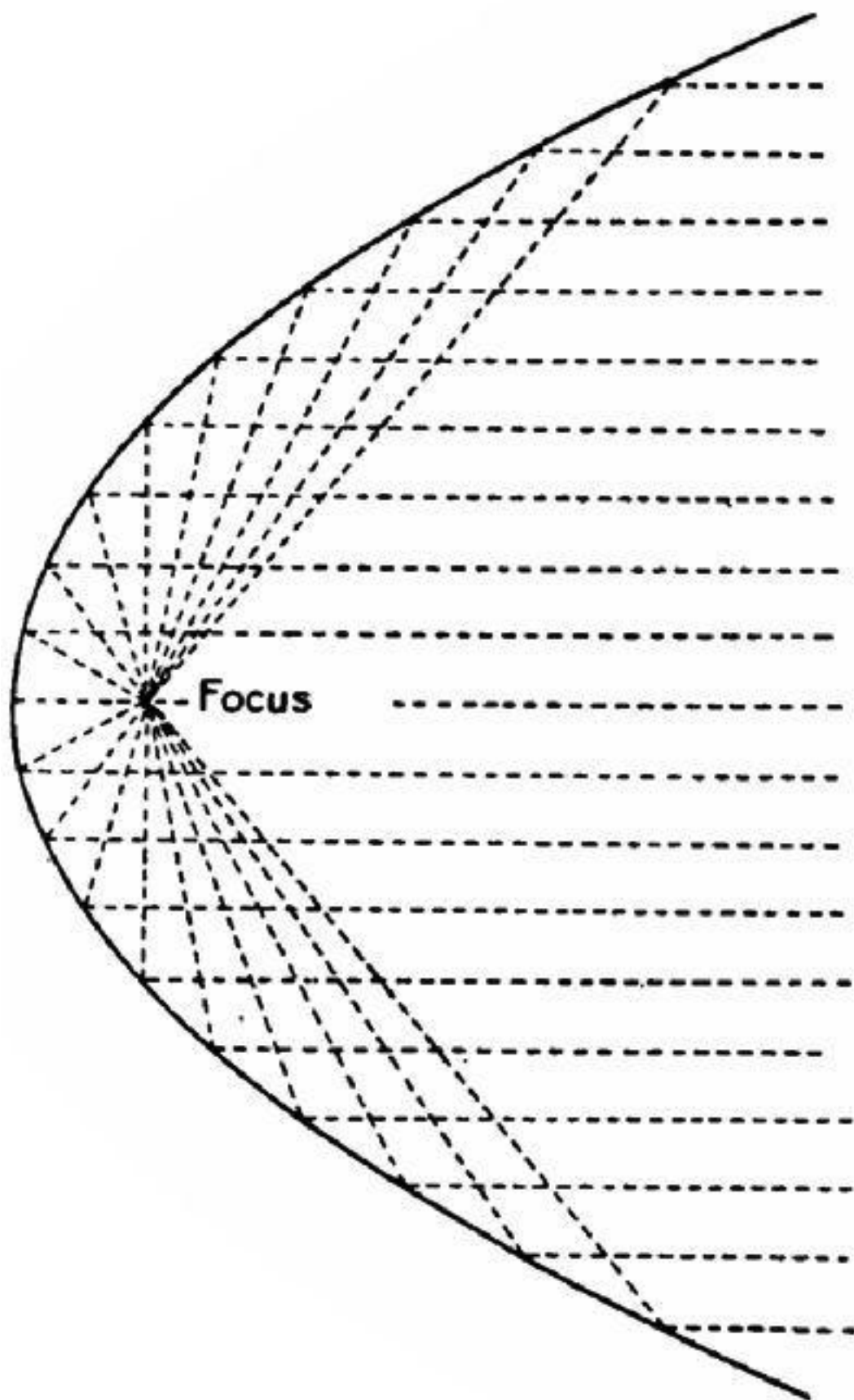


Рис. 128.

параболический отражатель.
СОСТАВНОЙ МИКРОСКОП.

Мы уже наблюдали (рис. 110), что чем ближе объект подходит к линзе, тем дальше за ней формируется реальное изображение, пока объект не достигнет фокусного расстояния, когда изображение вообще не отбрасывается, поскольку расстояние за линзой бесконечно. Мы предположим, что определенный объектив имеет фокус в шесть дюймов. Мы помещаем зажженную свечу в четырех футах перед ней и обнаруживаем, что *четкое* уменьшенное изображение получается на экране из матового стекла, расположенном в семи дюймах позади него. Если мы теперь поменяем местами положение свечи и экрана, то получим увеличенное изображение свечи. Это простая демонстрация закона *сопряженных фокусов*, а именно, что расстояние между линзой и объектом с одной стороны и расстояние между линзой и соответствующим изображением с другой стороны имеют определенное отношение друг к другу; и объект, помещенный в любой фокус, будет отбрасывать изображение на другой. Будет ли изображение больше или меньше объекта, зависит от того, какой фокус оно занимает. В случае с объективным стеклом телескопа изображение было в том, что мы можем назвать *коротким* фокусом.

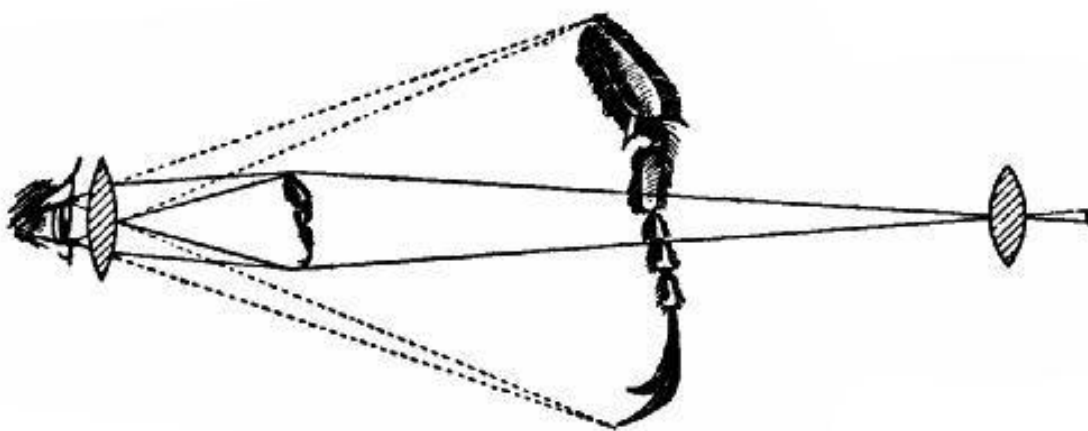


Рис. 129.

Схема, объясняющая работу составного микроскопа.

Итак, составной микроскоп - это практически телескоп с объектом в *длиннофокусном* фокусе, очень близком к короткофокусному объективу. В сопряженном фокусе отбрасывается сильно увеличенное изображение (*см. рис. 129*), которое улавливается и еще больше увеличивается окуляром. Мы можем добавить, что предметное стекло, или *объектив* микроскопа, обычно состоит из нескольких линз, как и окуляр.

ВОЛШЕБНЫЙ ФОНАРЬ.

Наиболее важными характеристиками волшебного фонаря являются: (1) *источник света*; (2) *конденсор* для концентрирования световых лучей на предметном стекле; (3) *линза* для проецирования увеличенного изображения на экран.

На рис. 130 это показано схематически. *Источником света* чаще всего является масляная лампа, или струя ацетиленового газа, или цилиндр с известью, нагретый до интенсивного свечения кислородно-водородным пламенем. Естественное сгорание водорода сопровождается выделением большого количества тепла, а при искусственном увеличении подачи кислорода температура пламени чрезвычайно повышается. Сопло кислородно-водородной струи имеет внутреннюю трубу, соединенную с баллоном, вмещающим один газ, и внешнюю и несколько большую трубу, ведущую от баллона, содержащего другой газ, причем обе трубы расположены концентрически у сопла. С помощью клапанов можно регулировать пропорции газов для достижения наилучших результатов.

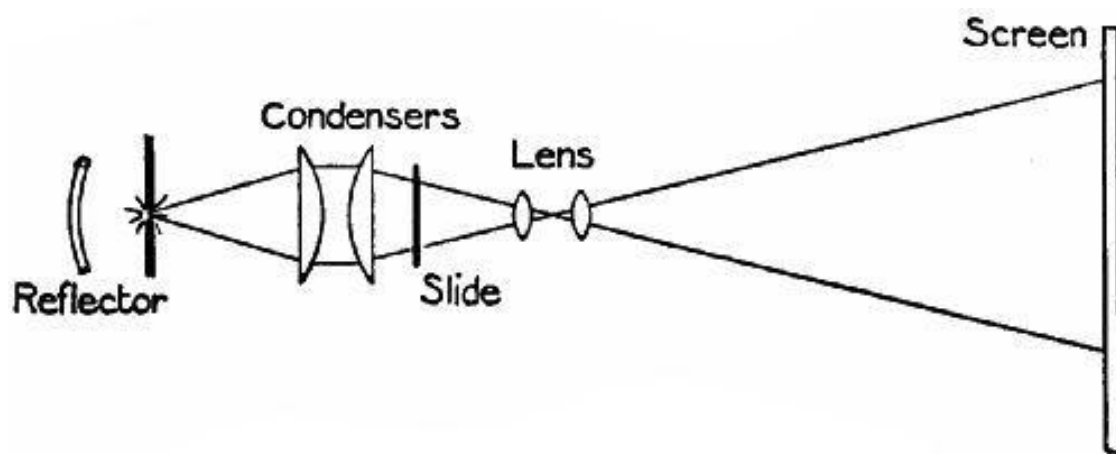


Рис. 130.Эскиз

элементов волшебного фонаря.

The *Конденсор* расположен несколько дальше от источника света, чем основное фокусное расстояние линз, так что падающие на них лучи загибаются внутрь или к предметному стеклу.

The *Объектив*, или объектная линза, находится перед слайдом. Его положение регулируется с помощью стойки и вытяжной трубы. Чем ближе он поднесен к предметному стеклу, тем дальше находится сопряженный фокус ([см. стр. 239](#)) и, следовательно, изображение. Экспонент сначала устанавливает свой экран и фонарь, а затем находит сопряженные фокусы слайда и изображения, вставляя или выдвигая объектив.

При использовании объектива с очень коротким фокусным расстоянием объекты микроскопических размеров могут проецироваться на экран с огромным увеличением. Во время осады Парижа в 1870-71 годах парижане установили воздушный шар и голубиную почту для доставки писем, которые были скопированы с помощью фотографии в мельчайших размерах. Эти копии могли быть вложены в перо и прикреплены к крылу голубя. При получении копии помещались в специальный фонарь и выбрасывались крупными буквами на экран. С тех пор микрофотографирование добилось больших успехов и в настоящее время широко используется в научных целях, одной из наиболее важных является изучение кристаллических образований металлов в различных условиях.

БИОСКОП.

"Живые картинки" - это самое последнее усовершенствование развлечений с волшебными фонарями. Негативы, с которых печатаются пленки для фонарей, изготавливаются путем пропускания ленты из сенсibilизированного целлулоида через камеру специальной формы, которая пропускает ленту мимо объектива серией рывков, при этом экспозиция производится автоматически вращающимся затвором во время каждого перерыва. Позитивная пленка помещается в фонарь, и прерывистое движение повторяется; но теперь источник освещения находится за пленкой, и свет выходит наружу через затвор на экран. В Urban bioscope пленка движется со скоростью пятнадцать миль в час, каждую секунду делается более ста снимков.

Впечатление непрерывного движения возникает из-за того, что глаз не может избавиться от визуального впечатления менее чем за одну десятую секунды. Так что, если серия впечатлений следует одно за другим быстрее, чем глаз может избавиться от них, впечатления будут накладываться друг на друга и придавать одно из них *движение*, если

положение некоторых объектов или их частей слегка меняется на каждом последующем снимке.[25]

ПЛОСКОЕ ЗЕРКАЛО.

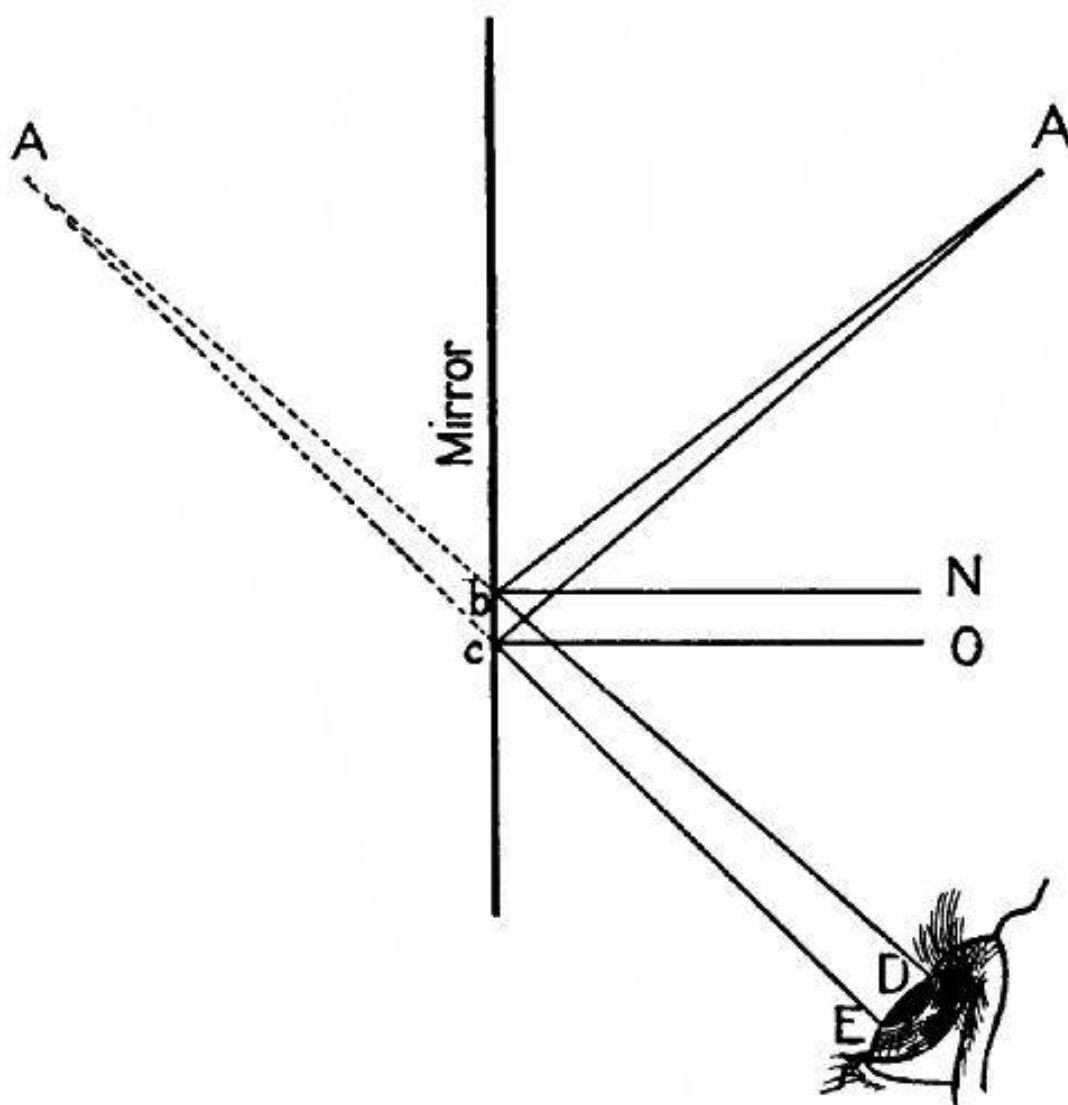


Рис. 131.

В заключение этой главы можно взглянуть на обычное зеркало. Почему мы видим в нем отражение? Ответ представлен графически на рис. 131. Два луча, Ab , Ac , из точки A падают на зеркало M в точках b и c . Прямые bN , cO , проведенные из этих точек перпендикулярно зеркалу, называются их *нормалью*. Углы AbN , AcO являются *углами падения* лучей Ab , Ac . Траектории, которые проходят лучи после отражения, должны составлять углы с bN и с O , равные соответственно AbN , AcO . Это *углы отражения*. Если глаз расположен так, что лучи попадают в него, как показано на нашей иллюстрации, изображение точки A видится в точке A' , в которой линии Dd , Ee пересекаются, если их провести в обратном направлении.

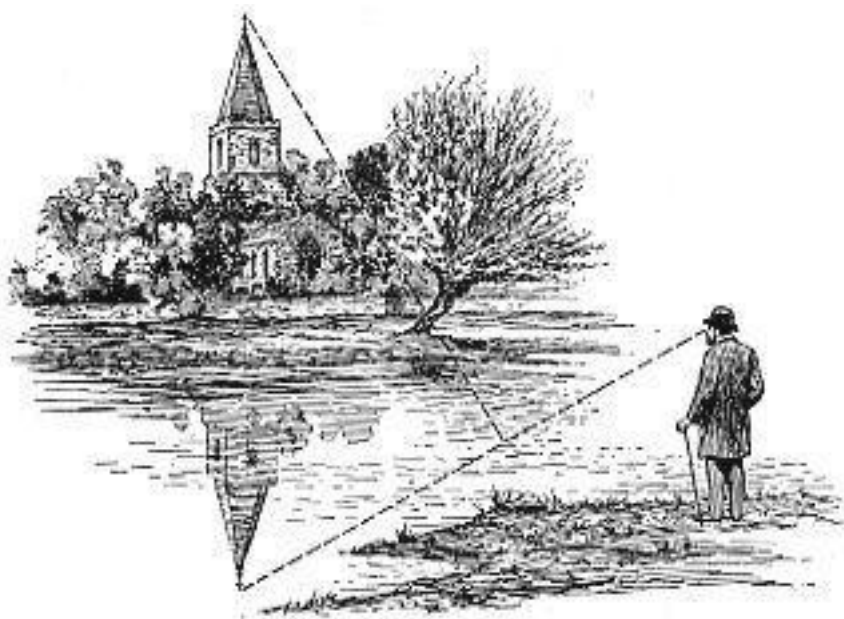


Рис. 132.

Когда вертикальное зеркало заменяется горизонтальной отражающей поверхностью, такой как пруд (рис. 132), происходит то же самое. Точка, в которой кажется, что луч от отражения кончика шпиля к глазу проходит через поверхность воды, должна быть расположена так, чтобы, если провести перпендикулярную к ней линию от поверхности, углы, образованные линиями, проведенными от кончика реального шпиля и от глаза наблюдателя к основанию перпендикуляра, были бы равны.

[22] Глейзбрук, "Свет", стр. 157.

[23] Глейзбрук, "Свет", стр. 157.

[24] Галилей подвергся суровому осуждению и был заключен в тюрьму за то, что осмелился утверждать, что земля движется вокруг Солнца и вращается вокруг своей оси.

[25] Для получения полного описания анимационных картинок читателю было бы полезно обратиться к "Роману современных изобретений", стр. 166 и далее.

Глава XIV.

ЗВУК И МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

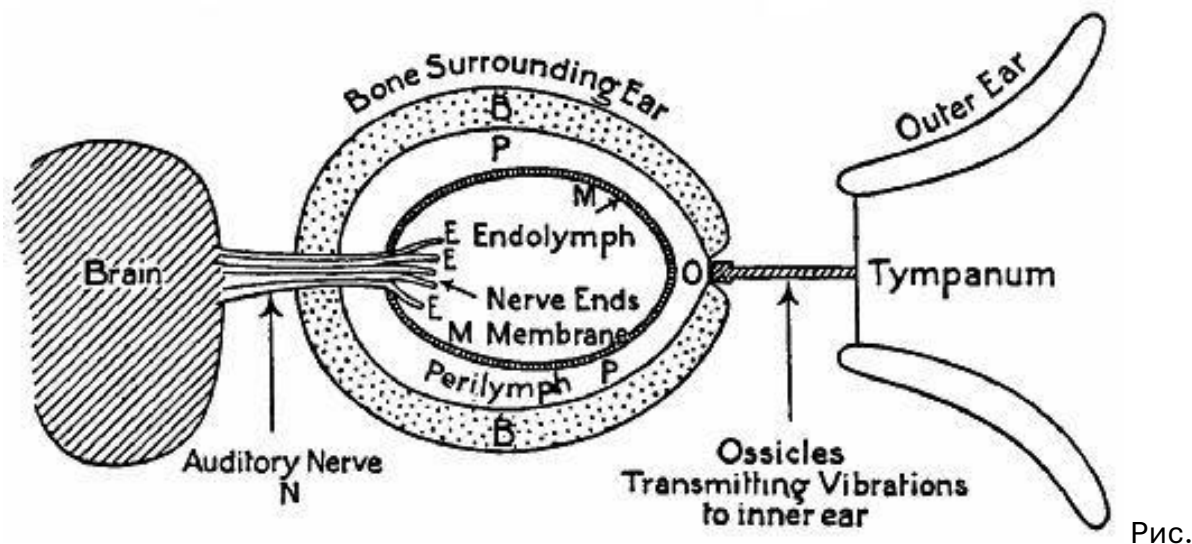
Природа звука—Слух—Музыкальные инструменты—Вибрация струн—Дека и каркас пианино—Струны—Ударный механизм—Качество ноты.

Звук отличается от света, тепла и электричества тем, что он может распространяться только через материю. Звуковые волны - это волны материи, а не эфирные волны. Это можно доказать, поместив электрический звонок под колпак воздушного насоса и выпустив весь воздух. Эфир все еще остается внутри стекла, но если привести колокол в движение, звука не будет слышно. Впустите воздух, и звон гонга будет слышен совершенно отчетливо.

Однако звук напоминает свет и тепло настолько, что его можно сконцентрировать с помощью подходящих линз и изогнутых поверхностей. Это является доказательством его отражения от поверхности.

Прежде чем перейти к различным приборам, используемым для создания звуковых волн определенного характера, давайте рассмотрим этот замечательный природный аппарат УХО,

посредством которого мы получаем те ощущения, которые мы называем звуком.



133. Схематический рисунок частей уха.

Рис. 133 представляет собой чисто схематический разрез уха, показывающий различные части, искаженные и непропорциональные. Начиная слева, у нас есть *наружное ухо*, мочка, которая собирает звуковые волны на мембрану барабанной перепонки, к которой прикреплена первая из серии *косточек*, или маленьких костей. Последний из них прижимается к отверстию во *внутреннем ухе*, полости, окруженной костями головы. Внутри внутреннего уха находится водянистая жидкость, *Р*, называемая *перилимфой* ("окружающая вода"), в которую погружена мембранная оболочка, *М*, содержащая *эндолимфу* ("внутреннюю воду"), также заполненную жидкостью. В эту жидкость проецируются окончания *слухового нерва*, ведущего к мозгу.

Когда звуковые волны ударяют в барабанную перепонку, они заставляют ее двигаться внутрь и наружу серией быстрых движений. Косточки, управляемые барабанной полостью, давят на маленькое отверстие *О*, покрытое мембраной, и каждый раз, когда они вдавливают его, они слегка сдавливают перилимфу, которая, в свою очередь, сдавливает эндолимфу, которая воздействует на нервные окончания и передает ощущение звука в мозг.

На рис. 134 мы имеем более развернутый эскиз, дающий более подробные, хотя и не в их реальных пропорциях, изображения компонентов уха. Косточки *М*, *И* и *С* являются, соответственно, *молоточком* (молоток), *наковальней* и *стремечком* (стремя). Каждый из них прикреплен связками к стенкам среднего уха. Барабанная перепонка перемещает молоточек, молоточек - наковальню, а наковальня - стремя, последнее вдавливается в отверстие *О* на рис. 133, которое по-научному известно как *овальное окно*, или овальное окно. Поскольку жидкости практически несжимаемы, природа предусмотрела сжатие мембраны овального окна, предусмотрев второе отверстие, круглое окно, также закрытое мембраной. Когда стремя вдавливает овальную перепонку внутрь, круглая перепонка выпячивается наружу, ее эластичности достаточно, чтобы оказывать определенное давление на перилимфу (обозначена пунктирной частью внутреннего уха).

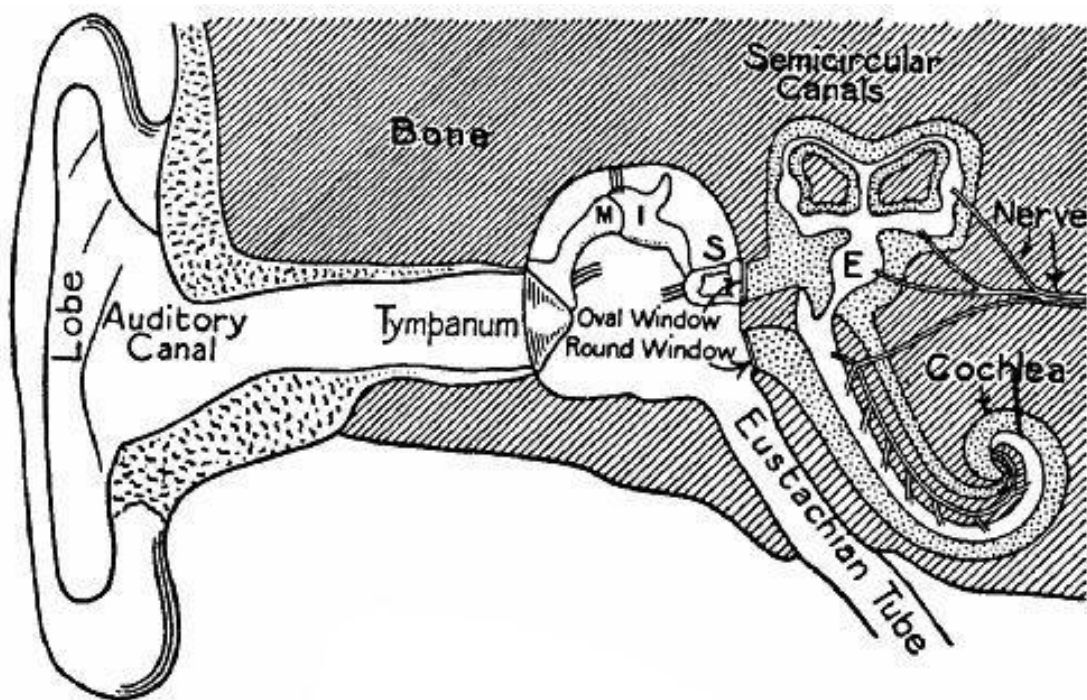


Рис. 134.

Схематический разрез уха, показывающий различные части.

Внутреннее ухо состоит из двух основных частей: *улитки*, названной так из—за ее сходства по форме с раковиной улитки, и *полукружных каналов*. Каждая часть имеет свою перилимфу и эндолимфу и содержит ряд нервных окончаний, которые, однако, наиболее многочисленны в улитке. Мы не знаем наверняка, каковы функции каналов и улитки; но вполне вероятно, что первые позволяют нам различать *интенсивность* или громкость звуков и направление, откуда они исходят, в то время как последние позволяют нам определять *высоту* ноты. В улитке находится около 2800 крошечных нервных окончаний, называемых *стержнями Корти*. Нормальное ухо имеет такой диапазон, что выдает около 33 стержней на полутон. Великий ученый Гельмгольц выдвинул теорию, согласно которой эти маленькие стержни подобны крошечным камертонам, каждый из которых реагирует на ноту определенной высоты; так что, когда звучит струна пианино и колебания воздуха передаются во внутреннее ухо, они воздействуют только на один из этих стержней и ту часть мозга, которую он обслуживает, и у нас создается впечатление от одной конкретной ноты. Экспериментально было доказано, что очень чувствительное ухо может различать звуки, различающиеся по высоте всего на $1/64$ полутона, или всего лишь на половину диапазона любого волокна Корти. Эту трудность Гельмгольц преодолевает, предполагая, что в таком ухе поражены два соседних волокна, но одно больше другого.

Человек, обладающий "хорошим музыкальным слухом", предположительно является тем, у кого стержни Корти очень совершенны. Невезучие люди, такие как джентльмен, который мог распознать только одну мелодию, и то потому, что люди снимали шляпы, когда она начиналась, физически неполноценны. Их стержни Корти не могут быть должным образом развиты.

То, что применимо к одной-единственной ноте, применимо и к элементам музыкального аккорда. Дюжина нот может звучать одновременно, но ухо способно усвоить каждую и смешать ее с другими; однако требуется очень чувствительное и хорошо тренированное ухо, чтобы выделить какую-то одну часть гармонии и сконцентрировать внимание мозга на этой части.

Ухо имеет гораздо больший диапазон, чем глаз. "В то время как первое колеблется более чем на одиннадцать октав, но для последнего возможно немногим больше одной октавы. Самые быстрые вибрации, которые поражают глаз, такие как свет, имеют лишь примерно вдвое большую скорость, чем самые медленные; тогда как самые быстрые вибрации, которые поражают ухо, такие как музыкальный звук, имеют более чем в две тысячи раз большую скорость, чем самые медленные". [26] Чтобы перейти к реальным цифрам, обычное ухо чувствительно к вибрациям в диапазоне от 16 до 38 000 в секунду. Нижняя и верхняя ноты фортепиано совершают соответственно около 40 и 4000 колебаний в секунду. Конечно, некоторые уши, как и некоторые глаза, не могут воспринять всю гамму. Писк летучих мышей и стрекот сверчков не слышны некоторым людям; а собаки способны слышать звуки, слишком пронзительные, чтобы воздействовать на слуховой аппарат человека.

Не менее интересной частью этого замечательного органа является барабанная перепонка, которая снабжена мышцами для автоматического изменения ее напряжения. Если мы "напрягаем слух", чтобы уловить пронзительный звук, мы натягиваем мембрану; в то время как если мы "готовимся" к глубокому, громкому выстрелу, подобному выстрелу из пистолета, мы позволяем барабану ослабнуть.

The *Евстахиева труба* (рис. 134) сообщается со ртом. Вероятно, его функция заключается в поддержании равного давления воздуха с обеих сторон барабана. Когда человек простужается, трубка может закупориваться слизью, вызывая неравномерное давление и, как следствие, частичную глухоту.

Прежде чем оставить эту тему, будет полезно напомнить нашим более юным читателям, что уха не только великолепно приготовлена, но и деликатна, и к ней нужно относиться с уважением. Внезапный крик в ухо или шуточный удар могут иметь самые серьезные последствия, поскольку может разорваться барабанная перепонка или нарушиться расположение крошечных костей, соединяющих ее с внутренним ухом.

МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

Это приспособления для получения звуковых ударов, быстро следующих друг за другом через равные промежутки времени. Музыкальные звуки отличаются от простых шумов своей регулярностью. Если мы встряхнем несколько гвоздей в жестяной коробке, то получим лишь серию наложенных друг на друга и хаотичных ощущений. С другой стороны, если мы ударяем по камертону, воздух сотрясается определенное количество раз в секунду с приятным результатом, который мы называем нотой.

Мы начнем наш экскурс в область музыкальных инструментов с осмотра этого очень знакомого предмета мебели,

ФОРТЕПИАНО,

что буквально означает "мягкий-сильный". Многие дети рассматривают пианино как большую помеху, отнимающую время, которое можно было бы провести с гораздо большим удовольствием, и, соответственно, к нему проявляют гораздо меньше уважения, чем к фонографу или музыкальной шкатулке. И все же современное пианино — это очень умное произведение, превосходно приспособленное для создания приятной мелодии, если с ним правильно обращаться. В настоящее время обычно используются две формы фортепиано: *вертикальное*, с вертикальной декой и проводами, и *большое горизонтальное* декой. [27]

ВИБРАЦИЯ СТРУН.

Поскольку фортепиано является струнным инструментом, некоторое внимание следует уделить теме вибрации струн. Струна в состоянии натяжения издает ноту, когда ее перебирают и дают ей свободно вибрировать. *Высота* ноты зависит от нескольких условий: —(1) Диаметра струны; (2) натяжение струны; (3) длина струны; (4) материал струны.

Приводим их по порядку:—(1.) Количество колебаний в секунду обратно пропорционально диаметру струны: таким образом, струна диаметром в четверть дюйма будет вибрировать лишь вдвое реже за данное время, чем струна диаметром в одну восьмую дюйма. (2.) При неизменной длине количество колебаний прямо пропорционально *квадратному корню* из *натяжения*: таким образом, струна, натянутая весом в 16 фунтов, будет вибрировать в четыре раза быстрее, чем натянутая весом в 1 фунт. (3.) Количество колебаний обратно пропорционально *длине* струны: таким образом, однофутовая струна будет вибрировать в два раза быстрее, чем двухфутовая, натянутая на такое же натяжение и равного диаметра и веса. (4.) При прочих равных условиях скорость вибрации обратно пропорциональна *квадратному корню* из *плотности* вещества: так что стальная проволока вибрировала бы быстрее, чем платиновая проволока равного диаметра, длины и натяжения. Эти факты важно помнить как основополагающие принципы игры на струнных инструментах.

Теперь, если вы подвесите проволоку к шнуру и подвесите к ней тяжелый груз, проволока будет находиться в состоянии высокого натяжения и при ударе издаст отчетливый звук. Но громкость звука будет очень маленькой, слишком маленькой для практичного инструмента. Поверхность самой струны настолько ограничена, что она создает лишь слабые колебания в окружающем воздухе. Теперь подвесьте проволоку к большой доске и ударьте по ней еще раз. Громкость звука значительно увеличилась, потому что струна передала свои колебания на большую поверхность доски.

Чтобы получить полную звуковую величину колебаний струны, мы, очевидно, должны установить струну таким образом, чтобы она могла воздействовать на большую звучащую поверхность. На скрипке это достигается натягиванием струн через "мостик", опирающийся на полый футляр из идеально эластичного дерева. Проведите смычком по струне. Слышимый громкий звук исходит не только от струны, но и от всей поверхности коробки.

ДЕКА И РАМА ПИАНИНО.

Струны пианино натянуты на *раму* из дерева или стали, от ряда крючков в верхней части рамы до ряда заостренных штырей с квадратными концами в нижней части, провода проходят по острым краям у обоих концов. Настройщик способен, повернув булавку, натягивать струны до тех пор, пока не издаст любую желаемую ноту. Читателям, возможно, будет интересно узнать, что среднее натяжение струны составляет 275 фунтов, так что общая нагрузка на раму рояля составляет от 20 до 30 *тонн*.

К задней части рамы прикреплена *дека*, сделанная из ели (знакомая рождественская елка). Его привозят из Центральной и Восточной Европы, где его тщательно отбирают и подготавливают, поскольку важно, чтобы древесина распиливалась таким образом, чтобы волокна древесины шли в нужном направлении.

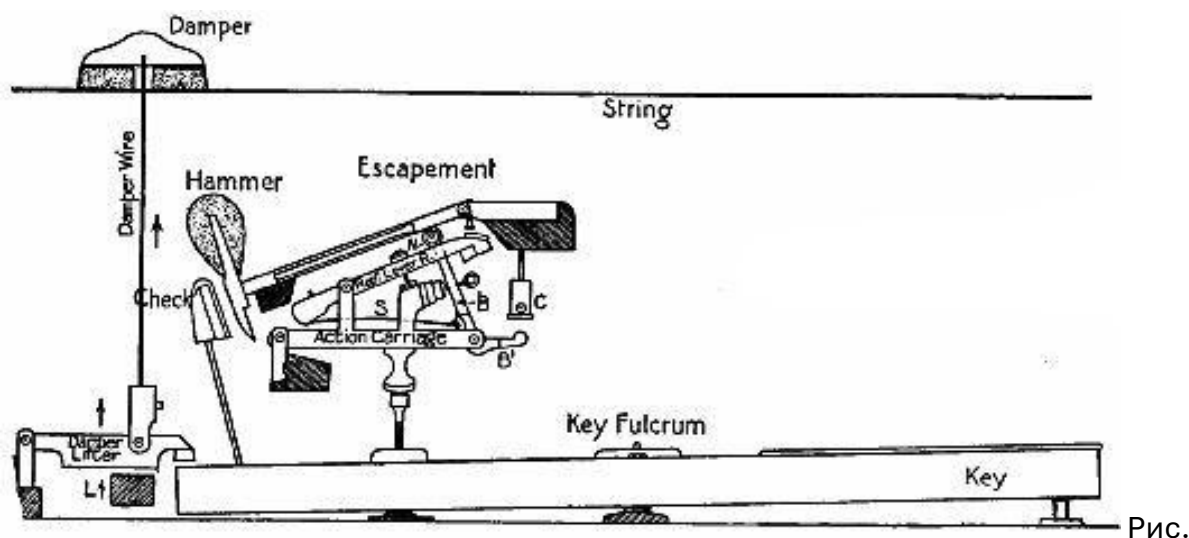
СТРУНЫ.

Они изготовлены из чрезвычайно прочной стальной проволоки самого высокого качества. Если вы изучите струны вашего пианино, то увидите, что они различаются по толщине, самая тонкая находится на высоком конце рамы. Установлено, что практически невозможно

использовать провода одинакового калибра и одинакового натяжения на всем протяжении. Поэтому производители используют толстые провода с высоким натяжением для низких частот и более тонкие и короткие провода для высоких, используя преимущества трех факторов — веса, натяжения и длины, — на которые мы обратили внимание выше. Провода для получения самых глубоких нот обмотаны тонкой медной проволокой, чтобы увеличить их вес без увеличения диаметра штифтов. В рояле около 600 ярдов проволоки (примерно треть мили).

УДАРНЫЙ МЕХАНИЗМ.

Теперь перейдем к устройству для приведения струн в состояние вибрации. Механизм рояля, показанный на рис. 135, можно считать типичным для новейших усовершенствований. Основными элементами эффективного механизма являются: (1) нанесенный удар должен быть резким и уверенным; (2) струна должна быть немедленно "затушена" или, при необходимости, проверена ее вибрация, чтобы не мешать последующим нотам других струн; (3) молоток должен иметь возможность повторять удары в быстрой последовательности. У *hammer* головка из красного дерева, покрытая войлоком, толщина которого постепенно и регулярно уменьшается с дюйма с четвертью на басовом конце до трех шестнадцатых дюйма на крайних высоких нотах. Все восемьдесят пять молотков для пианино покрываются одним куском, а затем их разрезают отдельно друг от друга. Очень важна консистенция покрытия. Если войлок слишком твердый, получается резкий звук, и его необходимо уменьшить до нужной степени, прокалывая иглой. На схеме войлок обозначен пунктиром.



135. Ударный механизм "большого" пианино.

От действий экипажа, который работает молотком довольно сложно. Когда клавиша нажата, левый конец поднимается и толкает вверх всю каретку, которая поворачивается с одного конца. Хвостовик молотка поднимается с помощью домкрата В, нажимающего на ручку N, называемую *выемкой*, прикрепленную к нижней стороне хвостовика. Когда домкрат поднимается до определенной точки, его рычаг, В¹, цепляется за кнопку С и выдергивает ее из-под выемки в тот самый момент, когда ударяется молоток, так что она не может быть заблокирована струной. При отскоке молоток зацепляется за *рычаг повторения* R, который поднимает его для обеспечения идеального повторения.

The Чека захватывает хвостовик головки молотка во время его опускания при поднятии ключа и предотвращает его резкое возвращение на каретку и упор. Хвостовик изогнут таким образом, чтобы прижиматься к чеке без какого-либо заедания. В тот момент, когда каретка

начинает подниматься, задний конец ключа поднимает рычаг, соединенный с *амортизатором* вертикальной проволокой, и поднимает амортизатор струны. Если удерживать клавишу нажатой, вибрации продолжаются в течение длительного времени после удара; но если отпустить ее сразу, амортизатор гасит их, когда молоток возвращается на свое место. Планка L, проходящая под всеми *подъемниками заслонок*, поднимается нажатием на педаль громкости. *Мягкая педаль* перемещает всю клавиатуру на такое расстояние, что молотки ударяют только по двум струнам из трех, отведенных для всех, за исключением басовых нот, у которых на каждую приходится только по одной струне или две, в зависимости от их глубины или длины. В некоторых пианино мягкая педаль прижимает к струнам специальный амортизатор; и третий вид устройств перемещает молотки ближе к струнам, чтобы они наносили более легкий удар. Эти два метода демпфирования применимы только к вертикальным пианино.

Первоклассное пианино - результат очень тщательного изготовления. Механизм каждой ноты должен быть точно отрегулирован с помощью крошечных винтиков с точностью до доли дюйма. Необходимо следить за тем, чтобы каждый молоточек наносил свой удар точно по нужному месту на струне, поскольку от этого зависит музыкальная ценность ноты. Регулировка демпферов требует не меньшей осторожности, и вся работа требует чуткого слуха в сочетании с квалифицированными механическими знаниями, чтобы инструмент обладал легким касанием, прочностью и уверенностью действий на всей клавиатуре.

КАЧЕСТВО ЗАМЕТКИ.

Если перебрать две струны, одинаковые во всех отношениях и одинаково натянутые, то обе издадут одну и ту же ноту, но обе не обязательно будут иметь одинаковое качество звучания. На качество, или *тембр*, как это называют музыканты, влияет наличие *обертонов*, или *гармоник*, в сочетании с *фундаментальным*, или глубочайшим, тоном струны. Дело в том, что, хотя вибрирующая струна вибрирует как целое, она также вибрирует по частям. Существуют, так сказать, маленькие волны, накладывающиеся на большие фундаментальные волны. Точки наименьшего движения, называемые *узлами*, образуются на струне, разделяя ее на две, три, четыре, пять и т.д. частей, которые могут быть дополнительно разделены вспомогательными узлами. Строка, рассматриваемая как разделенная пополам одним узлом, дает первый обертон, или октаву основной ноты. Он также может вибрировать в виде трех частей и давать второй обертон, или двенадцатую часть основного;[28] и в виде четырех частей, и давать третий обертон, двойную октаву.

Теперь, если по струне ударить в точке, соответствующей узлу, обертоны, которые требуют этой точки для узла, будут уничтожены из-за чрезмерного движения, придаваемого струне в этом месте. Таким образом, попадание в середину убивает октаву, двойную октаву и т.д.; В то время как попадание в точку, находящуюся на расстоянии одной трети длины от одного конца, подавляет двенадцатую и все ее подмножества.

Основную ноту, лишенную всех своих гармоник, трудно получить, о чем не стоит сожалеть, поскольку это самый неинтересный звук. Чтобы получить насыщенный тон, мы должны сохранить как можно больше полезных гармоник, и поэтому молоток для фортепиано расположен таким образом, чтобы ударять по струне в точке, которая не мешает лучшим гармоникам, но убивает те, которые являются нежелательными. Производители фортепиано экспериментальным путем обнаружили, что наиболее приятный звук возникает, когда точка, по которой ударяют молотком, находится на расстоянии от одной седьмой до одной девятой длины проволоки с одного конца.

Природа материала, из которого наносится фактический удар, также имеет значение. Чем тверже вещество и резче удар, тем более заметными становятся гармоники; так что рабочий должен тщательно регулировать как продолжительность удара, так и твердость покрытия молотка.

[26] Тиндалл, "О звуке", стр. 75.

[27] Broadwood "grand" состоит из 10 700 отдельных деталей, и в его производстве задействованы сорок отдельных профессий.

[28] На двенадцать нот выше по шкале.

Глава XV.

ДУХОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.

Продольная вибрация—Воздушные колонны—Резонанс воздушных колонн—Длина и тон—Открытая труба—Обертоны открытой трубы—Где используются обертоны—Расположение труб и педалей—Отдельные деки—Разновидности упоров—Настройка труб и язычков—Сильфон—Электрические и пневматические действия—Самый большой орган в мире—Человеческие язычки.

ПРОДОЛЬНАЯ ВИБРАЦИЯ.

В струнных инструментах нас интересуют только поперечные колебания струны, то есть ее движения в направлении, перпендикулярном оси струны. Струна также может вибрировать в продольном направлении, то есть в направлении своей оси, что можно доказать, проведя куском смолистой кожи вдоль скрипичной струны. В этом случае гармоники "усиливаются" с той же скоростью, что и при поперечных перемещениях.

Давайте заменим проволоку толстым металлическим стержнем, закрепленным только на одном конце. Продольные колебания этого стержня содержат обертоны другого соотношения. Первая гармоника - это не октава, а двенадцатая. В то время как натянутая струна разделена узлами на две, три, четыре, пять, шесть и т.д. частей, стержень, закрепленный только на одном конце, способен воспроизводить только те гармоники, которые соответствуют разделению на три, пять, семь, девять и т.д. Частей. Следовательно, стержень со свободным концом и проволока с одной и той же основной нотой не будут иметь одинакового *тембра* или качества из-за разницы в гармониках.

СТОЛБЫ ВОЗДУХА.

В духовых инструментах мы используем вместо стержней или проволоки столбы воздуха в качестве вибрирующей среды. Звук столба зависит от его длины. В "пенни-свистульке", флейте, кларнете и пикколо длина колонки изменяется путем закрытия или открытия отверстий в веществе, окружающем колонку.

РЕЗОНАНС ВОЗДУШНЫХ СТОЛБОВ.

Почему трубка, закрытая с одного конца, например, хвостовик ключа, издает звук, когда мы дуем на открытый конец? Процесс выдувания приводит к тому, что тонкая струя воздуха прижимается к краю трубки и вызывает ее вибрацию. Вибрации смешиваются, некоторые

"импульсы" возникают чаще, чем другие. Если мы подуем на лезвие ножа или кусок дерева, то не услышим ничего, кроме шипения. Но когда, как в рассматриваемом нами случае, рядом с пульсами находится частично закрытый столб воздуха, он выбирает те импульсы, которые соответствуют его естественному периоду вибрации, и усиливает их до устойчивого и очень слышимого музыкального звука.

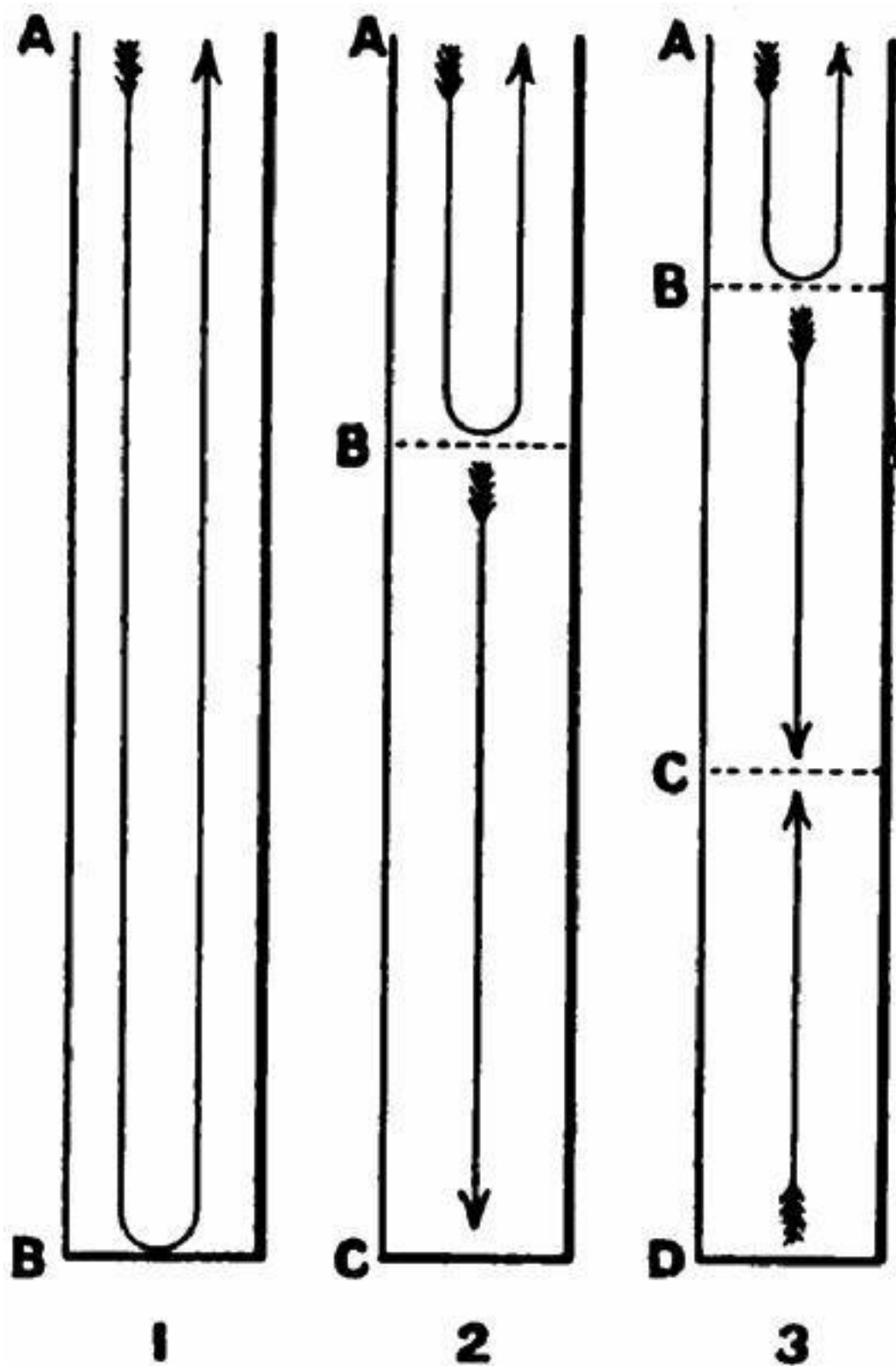


Рис. 136.—

Показано, как формируются гармоники "остановленной" трубы.

На рис. 136, 1 изображена труба, закрытая снизу и открытая сверху. Ударяют по камертону той же ноты, что и по трубе, и держат над ним так, чтобы зубцы вибрировали вверх и вниз. В начале движения зубцов наружу воздух перед ними *сжимается*. Этот импульс, передаваемый воздуху в трубе, проходит вниз по колонне, ударяется о дно и возвращается обратно. Как только он достигает вершины, зубец начинает двигаться внутрь, вызывая *разрежение* воздуха за ним. Этот эффект также распространяется вниз и обратно вверх по столбу воздуха в трубе, достигая зубца как раз в тот момент, когда он достигает самой дальней точки движения внутрь. Процесс повторяется, и столб воздуха в трубе, ударяясь об окружающую атмосферу через равные промежутки времени, значительно увеличивает громкость звука. Мы должны заметить, что если бы камертон издавал слишком высокую или слишком низкую ноту, чтобы столб воздуха двигался в полном соответствии с ней, этого усиления звука не произошло бы. Теперь, когда мы дуем поперек конца, мы как бы представляем трубе ряд вибрирующих камертонов, которые улавливают те воздушные импульсы, которым она симпатизирует.

ДЛИНА И ТОН.

Установлено, что скорость вибрации обратно пропорциональна длине трубы. Таким образом, вибрации двухфутовой трубы в два раза быстрее, чем у четырехфутовой, а нота, издаваемая первой, на октаву выше, чем у второй. Труба длиной в один фут издает ноту еще на октаву выше. Мы здесь говорим о *фундаментальных* тонах труб. С ними, как и в случае со струнами, связаны *обертоны*, или гармоника, которые можно усилить, увеличив давление струны в верхней части трубы. Сильно ударьте по клавише, и нота внезапно сменится на гораздо более пронзительную. Это двенадцатая из основных, в которой она полностью взяла верх.

Теперь мы должны собраться с мыслями и попытаться понять, как это происходит. Во-первых, давайте отметим, что вибрация тела (в данном случае столба воздуха) означает движение от точки покоя к точке покоя или от узла к узлу. В воздушном столбе, показанном на рис. 136, 1, имеется только одна точка покоя для импульса, а именно, в нижней части трубы. Таким образом, чтобы передаваться от узла к узлу, импульс должен проходить вверх по трубе и снова вниз. Расстояние от узла до узла в вибрирующем теле называется *брюшным сегментом*. Запомните этот термин. Таким образом, труба представляет собой полуподвальный сегмент, когда звучит основная нота.

Когда звучит первый обертон, колонка делится на две вибрирующие части. Где будет узел между ними? Естественно, мы могли бы сказать: "На полпути вверх". Но этого не может быть; ибо, если бы узел был расположен таким образом, импульсу, идущему вниз по трубе, пришлось бы пройти только до дна, чтобы найти другой узел, в то время как импульсу, идущему вверх, пришлось бы пройти до верха и обратно, то есть пройти вдвое большее расстояние. Таким образом, узел образует сам *одну треть* расстояния вниз по трубе. От В до А (рис. 136, 2) и обратно теперь равно от В до С. Когда выдувается второй обертон (рис. 136, 3), образуется третий узел. Труба теперь разделена на *пять* полуцентральных сегментов. И с каждым последующим обертоном добавляются еще один узел и вентральный сегмент.

Закон вибрации столба воздуха заключается в том, что количество колебаний прямо пропорционально количеству полужесткокрылых сегментов, на которые разделен столб воздуха внутри трубы.^[29] Если основной тон совершает 100 колебаний в секунду, первый обертон в закрытой трубе должен давать 300, а второй 500 колебаний.

ОТКРЫТАЯ ТРУБА.

Трубка, открытая с обоих концов, способна издавать звук. Но если мы поэкспериментируем, то обнаружим, что нота остановленной трубы на октаву ниже, чем у открытой трубы такой же длины. Это объясняется на рис. 137, 1. Столб воздуха в трубе (той же длины, что и на рис. 136) при продувке конца делится на две равные части в узле В, естественной точке для достижения равновесия. Импульс пройдет от А или А¹ до В и обратно вдвое быстрее, чем требуется для перехода от А к В и обратно на рис. 136, 1; следовательно, нота на октаву выше.

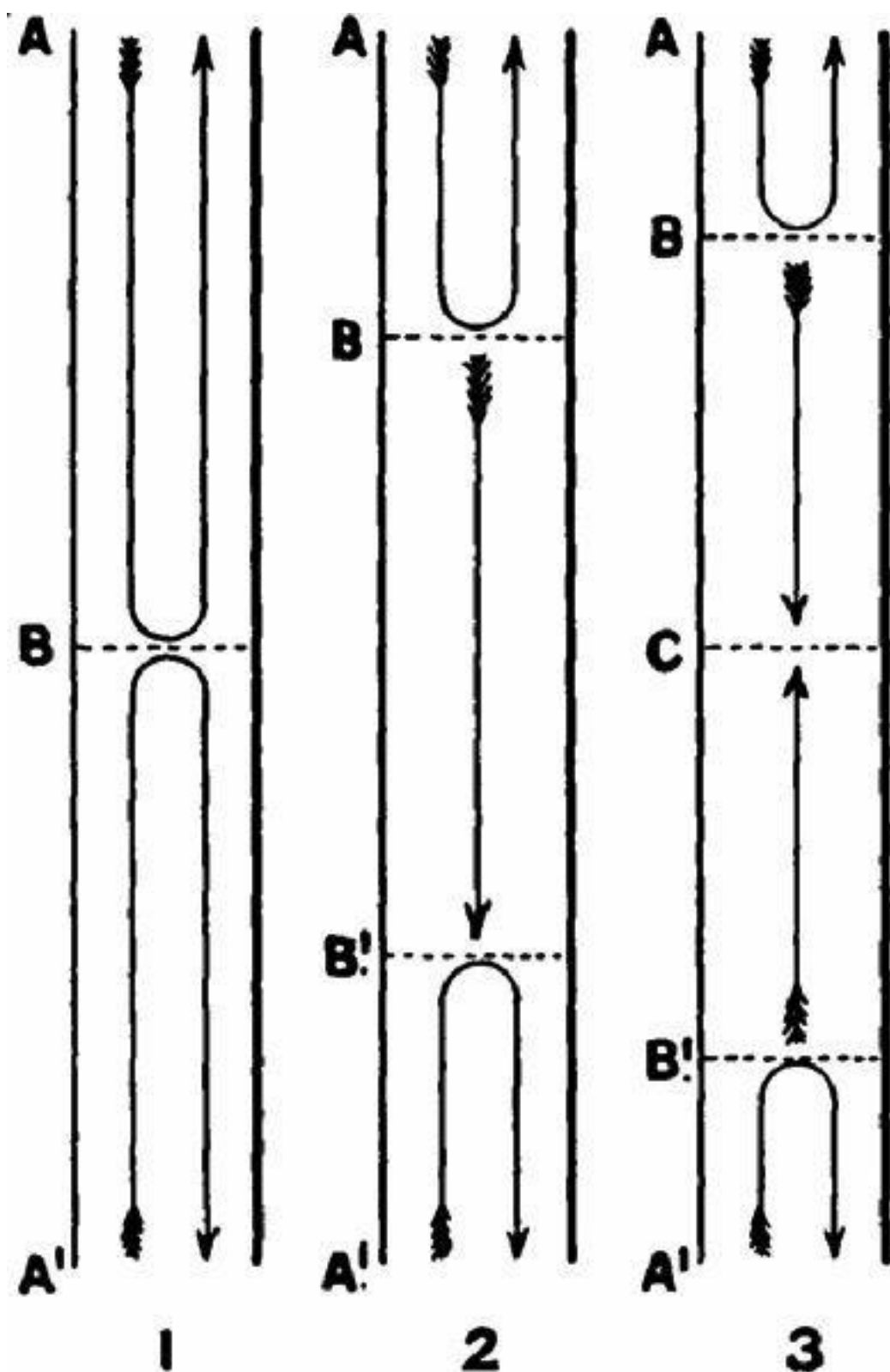


Рис. 137.—

Показывающий, как формируются гармоники открытой трубы, B, B' и C являются "узлами". Стрелки указывают расстояние, пройденное звуковым импульсом от узла к узлу.

ОБЕРТОНЫ ОТКРЫТОЙ ТРУБЫ.

Первый обертон возникает, когда узлы формируются, как показано на рис. 137, 2, в точках, расположенных на расстоянии одной четверти длины трубы от концов, образуя один полный брюшной сегмент и два полуцентральных сегмента. Вибрации теперь вдвое быстрее, чем раньше. Для второго обертона требуется три узла, как показано на рис. 137, 3. Сейчас этот

показатель утроился. Таким образом, в то время как обертоны закрытой трубы повышаются в соотношении 1, 3, 5, 7 и т.д., обертоны открытой трубы повышаются в соотношении 1, 2, 3, 4 и т.д.

ГДЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОБЕРТОНЫ.

Во флейте, пикколо и кларионе, а также в инструментах класса валторн обертоны так же важны, как и основные ноты. Искусственно изменяя длину столба воздуха, основные ноты также изменяются, в то время как гармоники каждой основной ноты создаются по желанию путем изменения давления выдувания; так что по всему корпусу инструмента возможна непрерывная хроматическая, или полутональная, гамма.

ОРГАН.

Из теории акустики[30] мы переходим к практическому применению и концентрируем наше внимание на самом грандиозном из всех духовых инструментов - органе. Этот механизм имеет отдельную трубку для каждой ноты, правильно подобранную. Сечение обычной деревянной трубки приведено на рис. 138. Ветер устремляется вверх через основание трубы в маленькую камеру, закрытую деревянным брусом или пластиной, за исключением узкой щели, которая направляет его против острого выступа А и вызывает трепетание, надлежащий импульс которого преобразуется воздушным столбом наверху в музыкальный звук.

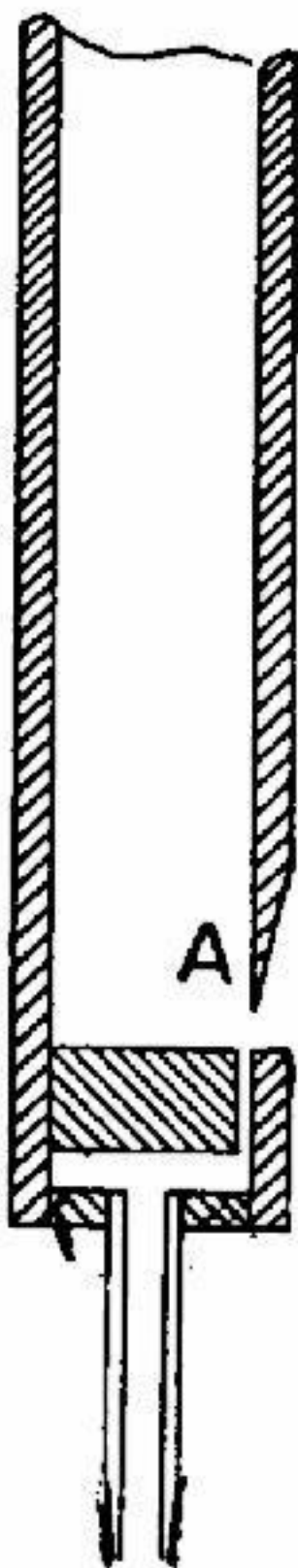


Рис. 138. Сечение обычной деревянной "дымовой" трубы.

Даже в самых маленьких органах одной клавишей на клавиатуре приводится в действие более одной трубы, поскольку трубы разной формы не только дают разное качество звука, но и желательно иметь ряды труб с их нижней нотой разной высоты. Длина открытой трубы измеряется от края выступа до верха трубы; трубы с остановкой - от выступа до верха и обратно. Когда мы говорим о 16-или 8-футовой шеренге, или остановке, мы имеем в виду ту, из которой самая низкая нота в шеренге издается 16-или 8-футовой открытой трубой или их

эквивалентами с остановкой (8 или 4 фута). В большом органе мы находим 32, 16, 8, 4 и 2 ножных упора, и некоторые из них повторяются несколько раз в трубах разной формы и конструкции.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ТРУБ.

Теперь мы вкратце изучим механизм очень простого органа с одной клавиатурой и пятью рядами труб, или стоп.

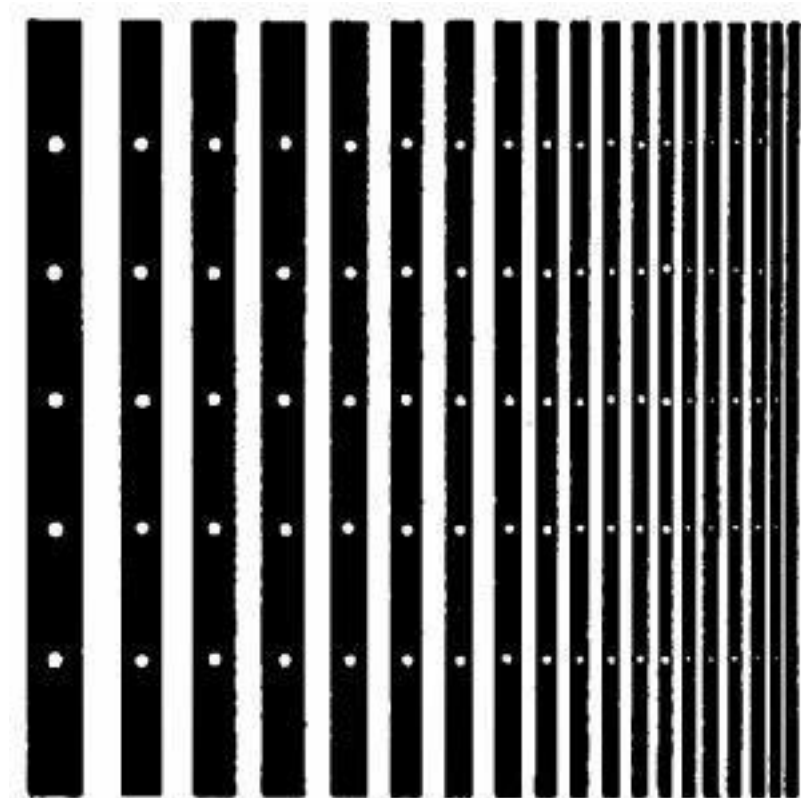


Рис. 139. Таблица звуковой платы.

Необходимо организовать все так, чтобы нажатие одной клавиши могло заставить заговорить все пять труб, принадлежащих ей, или только четыре, три, две или одну, как мы пожелаем. Трубы монтируются рядами на *звучковой плате*, которая состоит из нескольких слоев. Вверху находится *верхняя доска*; под ней находятся *ползунки*, по одному для каждой остановки; а под ними - *стол*. На рис. 139 мы видим часть таблицы снизу. С нижней стороны прикреплены параллельные стержни с промежутками (показаны черным цветом), оставленными между ними. Два других бруска крепятся поперек концов так, чтобы каждый паз был закрыт деревом сверху и со всех сторон. К нижней стороне стола приклеены или иным образом прикреплены листы кожи таким образом, чтобы воздух не мог просачиваться из одной канавки в другую. Верхняя доска, ползунки и стол прорезаны рядами отверстий, позволяющих ветру проходить от пазов к трубам. Канавки под большими трубами шире, чем канавки под маленькими трубами, так как через них должно проходить больше воздуха. Ширина переключателей между пазами также варьируется в зависимости от веса труб, которые они должны переносить. Ползуны можно перемещать внутрь и наружу на небольшое расстояние в направлении оси рядов труб. Под каждым рядом находится один ползунок. Когда ползунок установлен, отверстия в нем не совпадают с отверстиями в столе и верхней

доске, так что ветер не может проникнуть из пазов в ряд над этим конкретным ползунком. На рис. 140 показано, как ползунки приводятся в действие маленькими ручками (также называемыми упорами), выступающими из корпуса органа в пределах удобной досягаемости рук исполнителя. Одна остановка уже сделана, другая растянута.

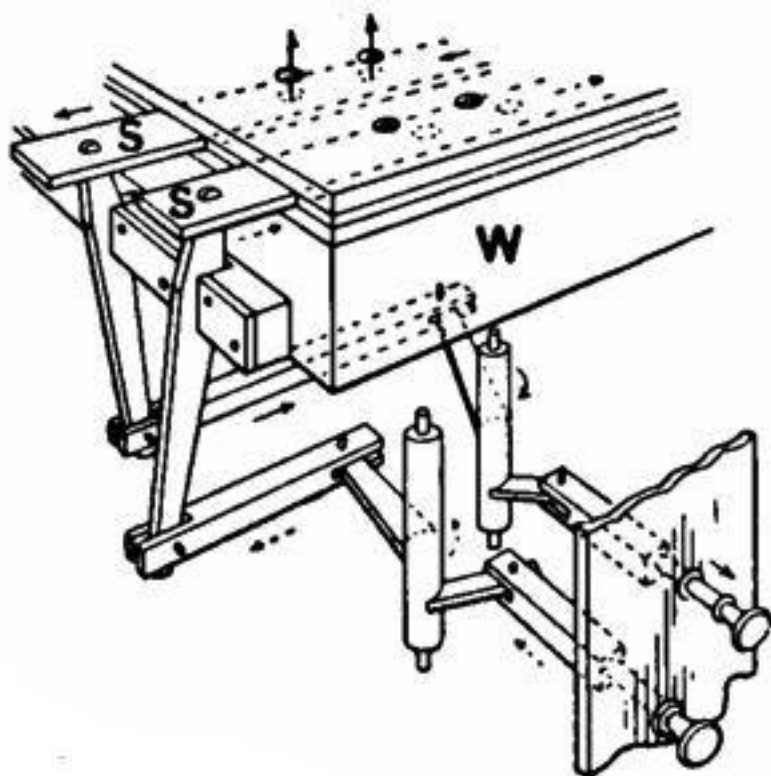


Рис. 140.

На рис. 141 мы видим таблицу и т.д. в поперечном сечении с выдвижным ползунком, соединяющим трубы соответствующего ряда с пазами. На той же схеме в разрезе показаны маленькие треугольные *поддоны* которые пропускают воздух из *вентиляционной коробки* в пазы; а на рис. 142 показана концевая секция стола, ползунков и вентиляционной коробки вместе со стержнями и т.д., соединяющими ключ с его поддоном. Когда клавиша нажата, *наклейка* (небольшой деревянный стержень) выдвигается вверх. При этом раскачивается *откидной рычаг*, или *поворотный рычаг*, к которому прикреплен *выдвижной трос*, соединяющий нижнюю часть багажника с поддоном. Как только поддон открывается, ветер устремляется в верхний паз через отверстие в кожаном дне, а оттуда в любую из труб, из которых выдвинут ползунок. (Ползунки на рис. 142 выполнены сплошным черным цветом.) Очевидно, что если дека достаточно глубокая от задней части до передней, на ней можно разместить любое количество рядов труб.

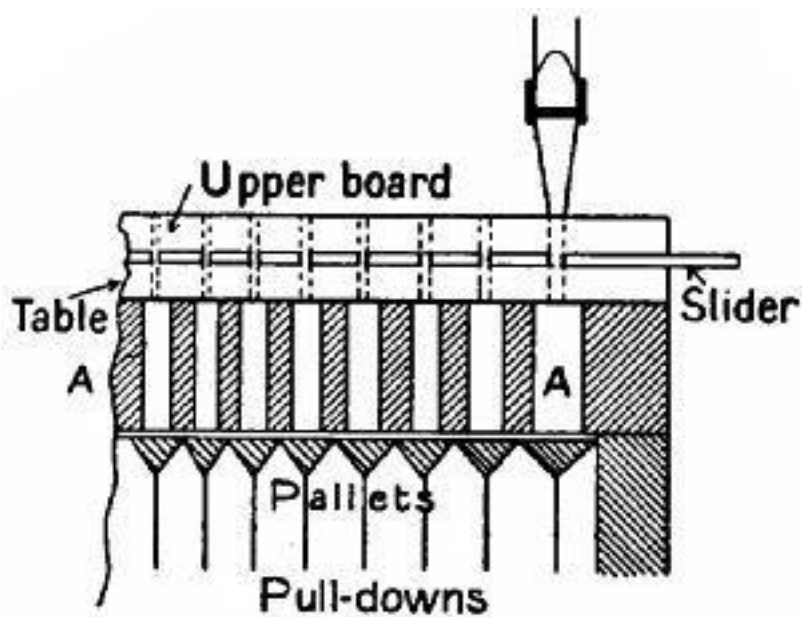


Рис. 141.

ПЕДАЛИ.

Педали органа соединяются с поддонами с помощью действия, аналогичного действию клавиш. Упоры педалей обычно имеют глубокий тон, 32-футовые и 16-футовые, поскольку они должны поддерживать басовую часть музыкальных гармоний. С помощью *соединителей* один или несколько упоров клавиатуры могут быть соединены с педалями.

ОТДЕЛЬНЫЕ ЗВУКОВЫЕ ПЛАТЫ.

Клавиатура очень большого органа имеет целых пять *руководств*, или рядов клавиш. Каждое руководство управляет практически отдельным органом, установленным на собственной деке.

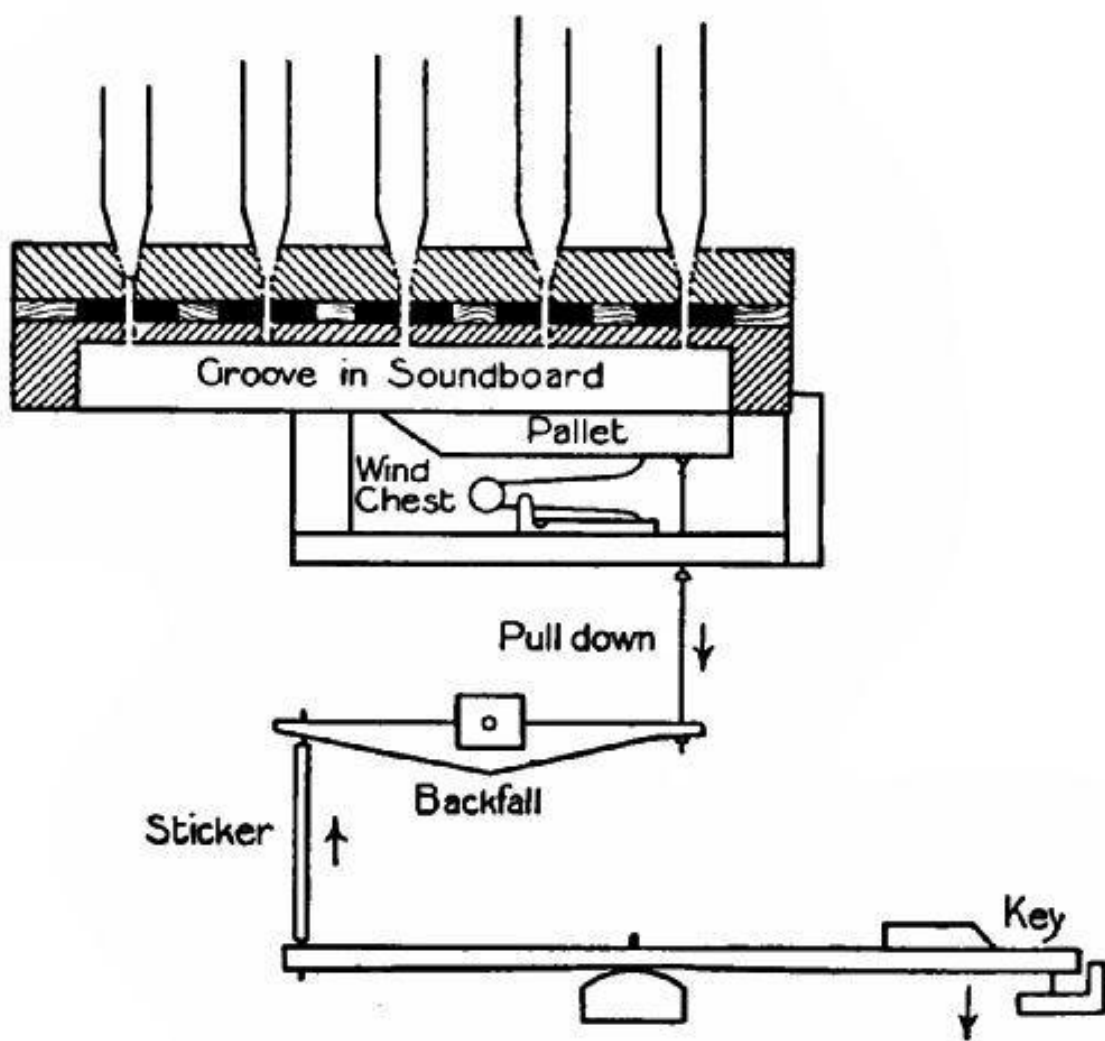


Рис. 142.

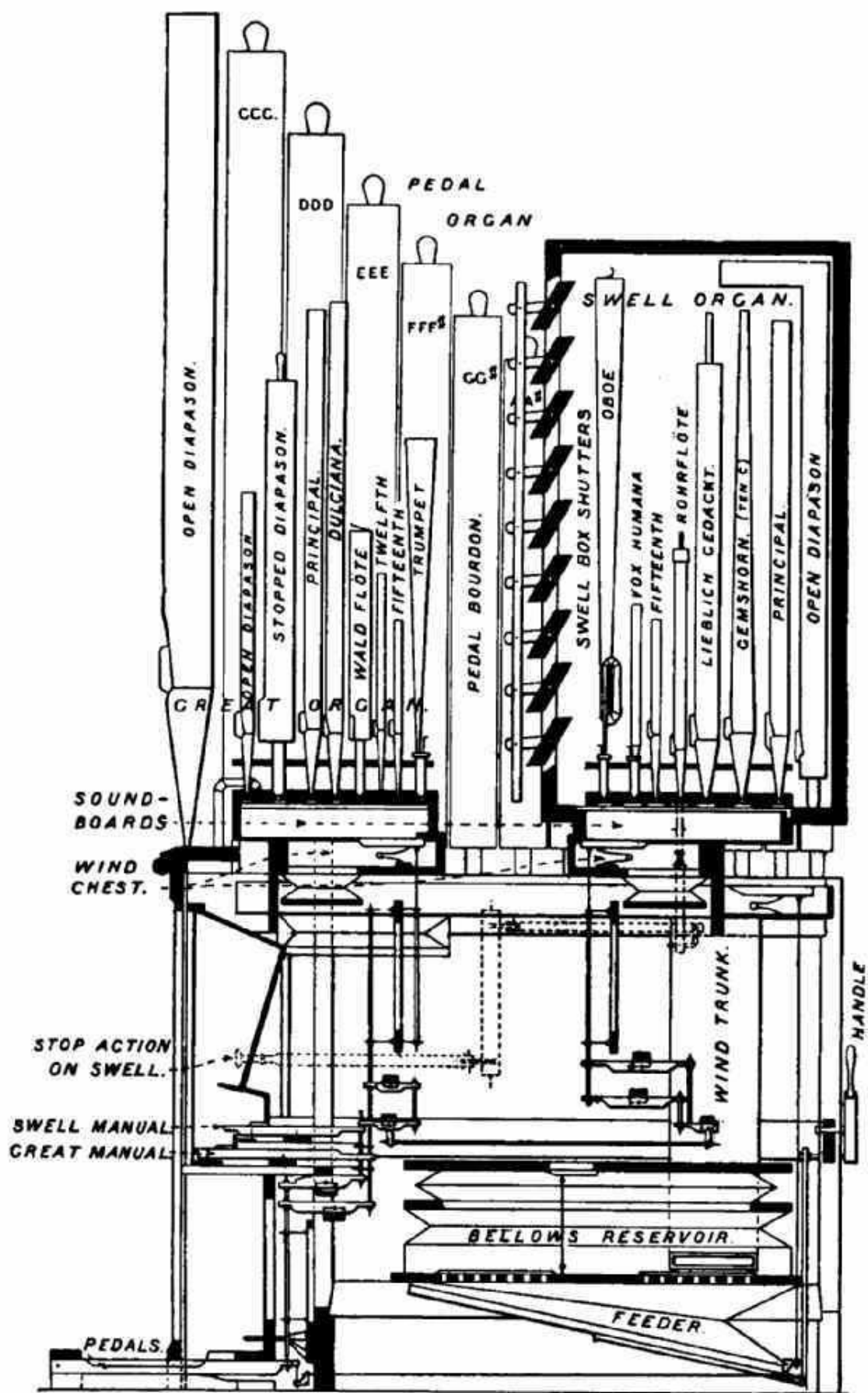


Рис. 143.

Общий разрез органа с двумя ручками.

Руководства расположены поэтапно, каждое из которых немного превышает приведенное ниже. Взятые по порядку сверху, они следующие: (1.) *Орган—эхо*, с остановками малого масштаба и очень мягким тоном, заключенный в "зыбкую коробку". (2.) *Орган-солист*, с остановками, имитирующими оркестровые инструменты. Замечательная остановка "vox humana" также относится к этому руководству. (3.) *Надувной орган*, находящийся в надувном ящике, спереди и по бокам которого имеются заслонки, которые можно открывать и закрывать нажатием ноги на рычаг, чтобы регулировать громкость звука, исходящего из труб внутри. (4.) *Большой орган*, включающий трубы мощного звучания. (5.) *Хоровой орган* с мягкими, сочными стопами, часто заключенный в надувную коробку. Мы можем добавить к ним *педальный орган*, который можно подключить к любому устройству, кроме руководства echo manual.

РАЗНОВИДНОСТИ ОСТАНОВОК.

Мы уже отмечали, что качество упора зависит от формы и конструкции трубы. Некоторые трубы изготавливаются из дерева, другие - из металла. Некоторые из них прямоугольные, другие круглые. Некоторые из них имеют параллельные стороны, другие сужаются или расширяются к вершине. Некоторые открыты, другие заstopорены.

Органые трубы можно разделить на два основных класса: (1.) *Дымоходные* трубы, в которых ветер направлен против выступа, как показано на рис. 138. (2.) *Язычковые* трубы, то есть трубы, используемые в сочетании с простым устройством для впуска воздуха в нижнюю часть трубы при серии порывов. На рис. 144 показан *ударный* язычок, такой же, как в обычном автомобильном гудке. Эластичный металлический язычок в состоянии покоя находится на очень небольшом расстоянии от отверстия в язычке. Когда ветер продувает язычок, язычок прижимается к язычку, блокирует течение и снова отскакивает. У *свободного* язычка есть язычок, который вибрирует в пазу, фактически не касаясь боковых сторон. Язычки для фисгармонии и концертино относятся к этому типу. В органе язычок пропускает воздух в трубку нужной длины, чтобы соответствовать скорости потоков воздуха, которые пропускает язычок. Язычковые трубы расширяются к вершине.

НАСТРОЙКА ДУДОК И ТРОСТНИКА.

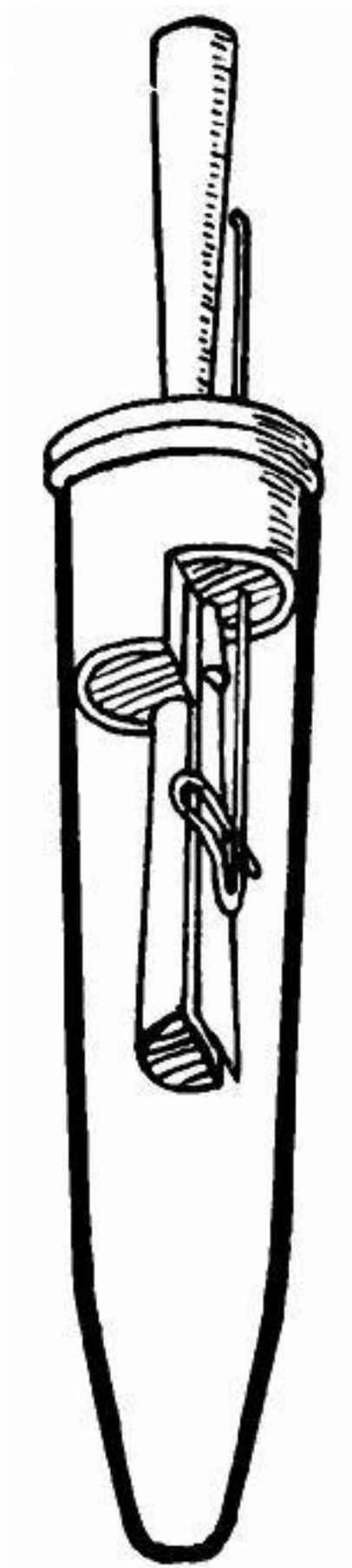


Рис. 144. тростниковая дудочка.

Настройка труб осуществляется путем регулировки их длины. Заглушку в верхней части заглушенной трубы вытаскивают или слегка вдавливают, чтобы выровнять или заострить ноту соответственно. Открытая трубка, если она большая, имеет сбоку сверху прорезанный язычок, который можно вдавливать внутрь или наружу с целью коррекции тона. Маленькие металлические трубки сплющивают, загибая верхушки внутрь металлическим конусом, похожим на огнетушитель для свечей, который надевают сверху и постукивают по нему; и заостряют, загибая верхушку конусом, направленным острием вниз. Тростники сорта страйтинг (см. рис. 144) имеют регулировочную проволоку, прижимающуюся к язычку у фиксированного конца. Конец этой проволоки выступает через корпус. Перемещая ее, длина вибрирующей части язычка регулируется в нужном направлении.

СИЛЬФОН.

Для разных остановок требуется разное давление ветра, от 1/10 фунта до 1 фунта на квадратный дюйм, причем наибольшее давление испытывает тростник. Следовательно, комплектов мехов и вентиляционных коробов должно быть столько, сколько требуется для различных давлений. Очень большой орган потребляет огромное количество воздуха, когда все упоры отключены, и накачка должна осуществляться мощным газовым, водяным или электрическим двигателем. Над каждым сильфоном имеется резервуар (см. рис. 143). Верхняя часть сильфона утяжелена для создания требуемого давления. Клапан в верхней части открывается автоматически, как только резервуар расширяется до определенного фиксированного предела, так что нет возможности разорвать кожаные стенки.

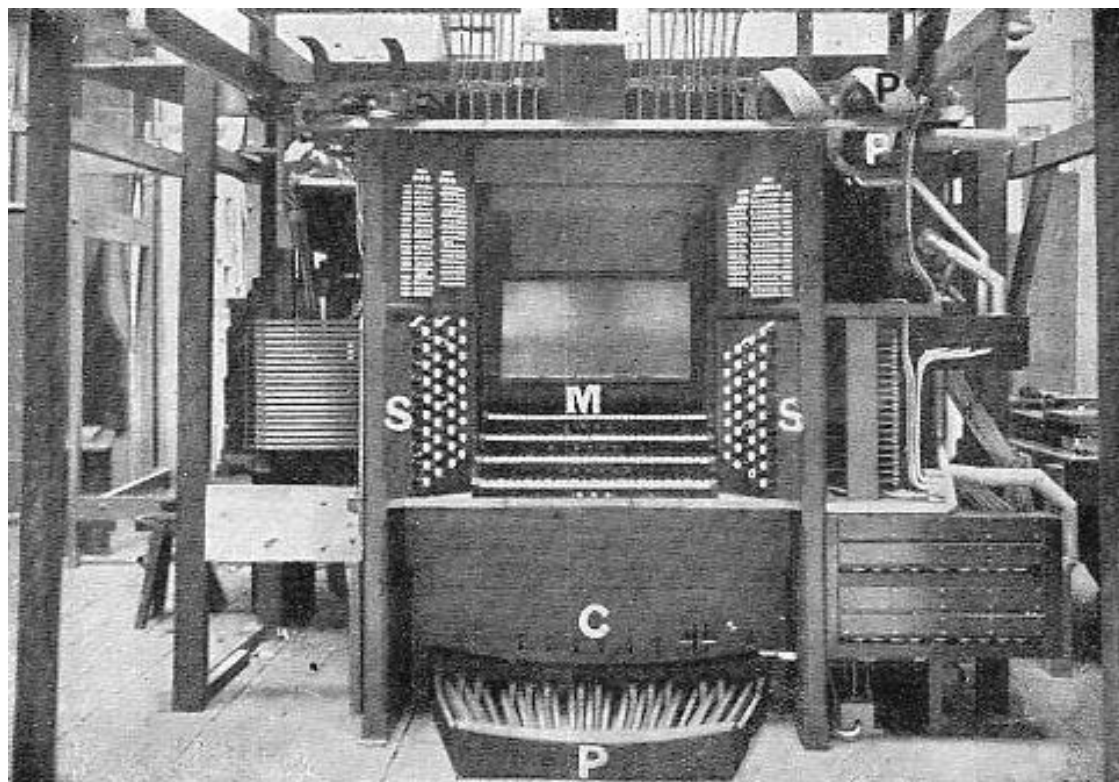


Рис. 145.

Клавиатура и часть пневматического механизма органа Херефордского собора. С - педали композиции для выдвигания групп упоров; Р (внизу) - педали; Р Р (вверху) - трубы для подачи сжатого воздуха; М - руководства (4); S S - упоры.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.

Мы упоминали в связи с железнодорожной сигнализацией, что связист иногда освобождается от тяжелого ручного труда по перемещению сигналов и точек за счет использования электрических и пневматических вспомогательных устройств. То же самое относится к органам и органистам. Прикосновение к клавишам было значительно облегчено за счет того, что клавиши открывали воздушные клапаны или замкнутые электрические цепи, которые приводят в действие механизм опускания поддонов. Упоры, педали и сцепные устройства также используют "силу". Мышцы исполнителя не только избавлены от тяжелой работы, когда ему помогают сжатый воздух и электричество, но и он может располагать консолями или клавиатуру далеко от труб. "С пульта игрок, сидящий с певцами или в любой желаемой части хора или алтаря, мог бы управлять работой всего самого большого органа, расположенного вдалеке, в западном конце нефа; извлекал бы каждую остановку, полностью полагаясь на ползунки и звуковую панель, выполняющие свои функции; ... и - чудо всего этого — игрок, используя педаль увеличения в своей обычной манере, получал бы крещендо и диминуэндо с более совершенным эффектом, чем старым способом".^[31]

В соборах нет ничего необычного в том, что разные деки расположены на большом расстоянии друг от друга, так что непосвященному может показаться, что вокруг разбросано несколько независимых органов. И все же все они находятся под абсолютным контролем человека, который сидит в стороне от них всех, но связан с ними множеством трубок или проводов.

Самый большой орган в мире находится в ратуше Сиднея. Он оснащен ста двадцатью шестью заглушками, пятью руководствами, четырнадцатью соединителями и сорока шестью комбинированными шпильками. Трубы, которых насчитывается около 8000, варьируются от огромного 64-футового контрамбона до некоторых всего в дюйм длиной. Орган занимает пространство длиной 85 футов и глубиной 26 футов.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ТРОСТИНКИ.

Самый замечательный из всех музыкальных язычков находится в горле человека, в анатомической части, называемой *гортанью*, расположенной в верхней части *трахеи*, или трахейного горла.

Наденьте кусок резиновой трубки на конец трубы так, чтобы она выступала примерно на дюйм. Возьмите свободную часть тубика за две противоположные точки между указательным и большим пальцами и тяните до тех пор, пока края туго не натянутся. Теперь продуйте через него. Ветер, пробиваясь между двумя резиновыми кромками, заставляет их и воздух внутри трубки вибрировать, в результате чего получается музыкальная нота. Чем сильнее вы напрягаете резину, тем выше становится нота.

Гортань работает по этому принципу. Трахея заменяет стеклянную трубку; две голосовые связки представляют собой резиновые края; а *черпаловидные мышцы* находятся вместо рук. Сокращаясь, эти мышцы сближают края связок друг с другом, растягивают связки и укорачивают их. Было подсчитано, что человек, наделенный "очень хорошим слухом", может отрегулировать длину голосовых связок до 1/17000 дюйма!

Одновременно с регулировкой шнуров производится регулировка длины дыхательного горла, так что столб воздуха в нем может быть нужной длины, чтобы вибрировать в унисон. Здесь снова видно чудесное положение природы.

Резонанс полости рта также имеет большое значение. Изменяя форму рта, различные гармоники любой основной ноты, издаваемой гортанью, становятся заметными, и таким образом мы получаем различные вокальные звуки. Гельмгольц показал, что основной тон любой ноты представлен звуком *oo*. Если рот отрегулирован так, чтобы воспроизводить октаву основного звука, то получается *о о*. а получается за счет усиления второй гармоники, двенадцатой; ее за счет развития второй и четвертой гармоник; в то время как для *ah* должны быть заметны пятая и седьмая.

Когда мы свистим, мы превращаем губы в тростинку, а рот - в трубку. Напряжение губ и форма полости рта определяют ноту. Губы также используются в качестве тростинки для игры на флейте, пикколо и всех инструментах духового оркестра ордена корнетов. При звуке в каретный гудок различные гармоники основной ноты извлекаются путем изменения натяжения губ и давления ветра. Корнет - это практически каретный рожок, свернутый в удобную форму и снабженный тремя клавишами, при нажатии на которые трубка дополнительной длины соединяется с основной трубкой — фактически, делает ее длиннее. Одна клавиша понижает основную ноту рожка на полтона; вторая - на полный тон; третья - на полтора тона. Если первый и третий нажаты вместе, нота понижается на два тона; если второй и третий, то на два с половиной тона; а одновременное понижение всех трех дает понижение на три тона. Таким образом, в распоряжении исполнителя есть семь возможных основных нот и несколько гармоник каждой из них; так что, правильно манипулируя клавишами, он может увеличить хроматическую гамму.

Мы должны добавить, что труба корнета является "открытой" трубой. То же самое относится и к флейте. Clarinet - это "остановленная" трубка.

[29] Очевидно, что на рис. 136, 2 импульс пройдет от А до В и обратно за треть времени, необходимого для его прохождения от А до В и обратно на рис. 136, 1.

[30] Наука слышать; от греческого глагола, ἀκούειν, "слышать".

[31] "Органы и настройка", стр. 245.

Глава XVI.

ГОВОРЯЩИЕ МАШИНЫ.

Фонограф—Магнитофон—Репродуктор—Граммофон—Изготовление пластинок—
Цилиндрические пластинки—Граммофонные пластинки.

В музее Патентного бюро в Южном Кенсингтоне находится любопытный маленький механизм - металлический цилиндр, установленный на длинной оси, по одному концу которой продета резьба. Конец винта вращается в гнезде с нарезанной на нем резьбой равного шага. К другому концу прикреплена ручка. На стойке рядом с цилиндром установлено нечто вроде барабана. Мембрана барабана снабжена иглой, которая, когда мембрана возбуждается воздушными волнами, создаваемыми человеческой речью, вонзается в лист фольги, обернутый вокруг цилиндра, вдавливая его в спиральную канавку, повернутую на цилиндре из конца в конец. Эта конструкция является первым фонографом, когда-либо созданным. Томас Эдисон, "волшебник Запада", изобрел его в 1876 году; и от этого грубого родителя произошли прекрасные машины, которые записывают и воспроизводят человеческую речь и музыкальные звуки с поразительной точностью.

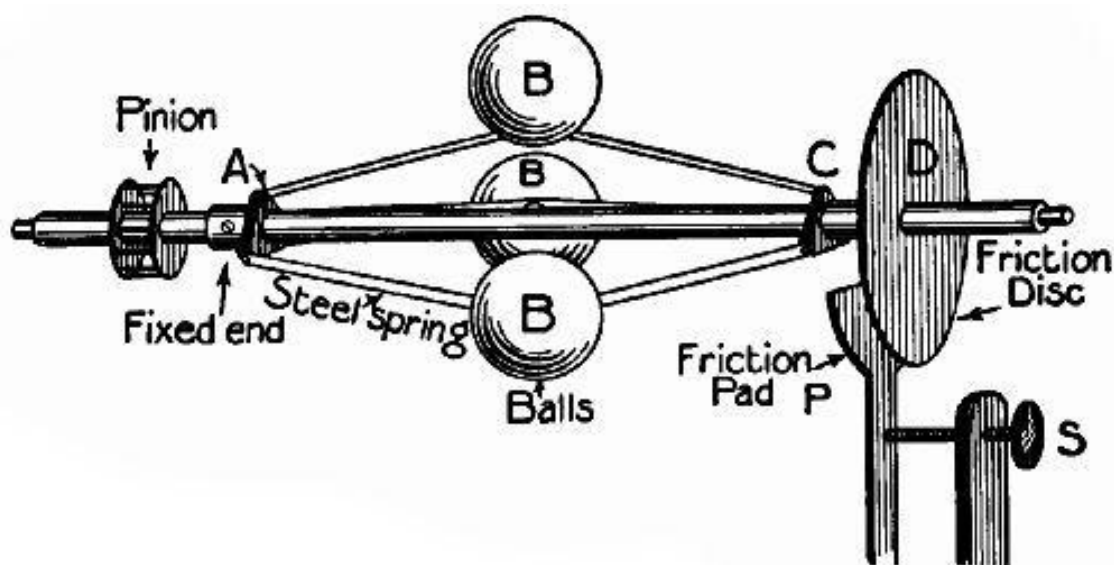


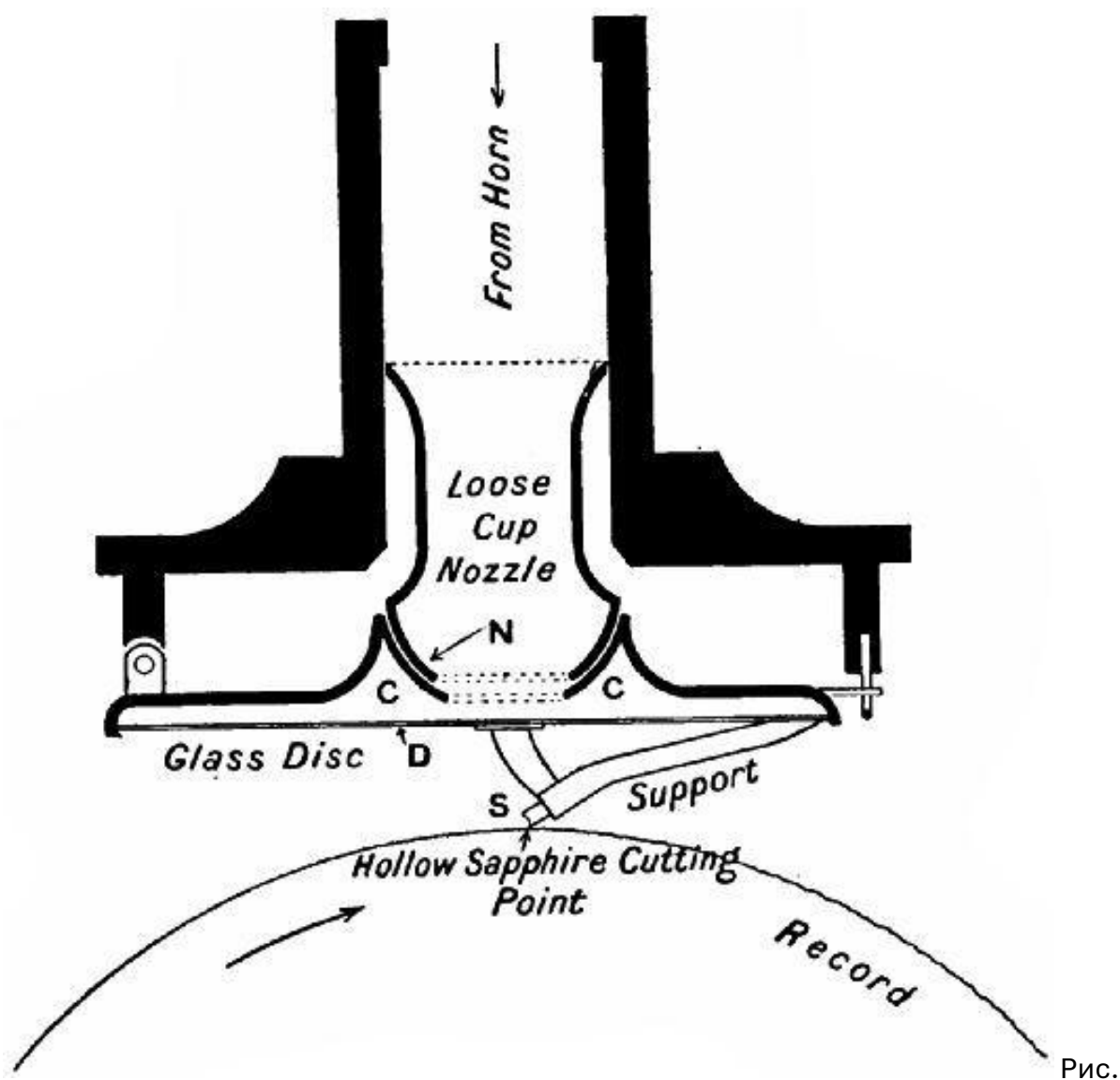
Рис. 146.

"Регулятор" фонографа.

Мы не собираемся проследивать здесь развитие говорящей машины; нет необходимости и в подробном описании ее механизма, который, вероятно, хорошо известен большинству читателей или может быть освоен за очень короткое время при личном рассмотрении. Мы ограничимся тем, что скажем, что восковой цилиндр фонографа или эбонитовый диск граммофона обычно вращаются с помощью часового механизма, скрытого в корпусе машины. Скорость вращения должна регулироваться очень тщательно, чтобы пластинка могла вращаться под точкой воспроизведения с равномерной скоростью. Обычно используемый принцип регулятора показан на рис. 146. Последняя шестерня часового механизма установлена на валу, несущем две треугольные пластины, А и С, к которым прикреплены три коротких отрезка плоской стальной пружины с тяжелым шариком, прикрепленным к центру каждой. А зафиксирован; С перемещается вверх по валу, когда шарики вылетают, и тянет за собой диск D, который трется о накладку Р (на конце пружины) и создает достаточное трение, чтобы замедлить ход часового механизма. Предельная скорость регулируется винтом S.

ФОНОГРАФ.

Хотя устройство записи и воспроизведения фонографа дает очень замечательные результаты, его конструкция довольно проста. В то же время следует иметь в виду, что огромное количество экспериментов было посвящено поиску наиболее подходящих материалов и форм для деталей.



147.Секция фонографа Эдисона Белла.

The *Диктофон* (рис. 147) представляет собой маленькую круглую коробочку диаметром около полутора дюймов.^[32] Сверху трубка ведет к рупору. Дно представляет собой круглую пластину *Сс*, закрепленную на петлях с одной стороны. Эта пластина поддерживает стеклянный диск *D* толщиной около 1/150 дюйма, к которому прикреплено режущее перо — крошечный сапфировый стержень с чашеобразным концом и очень острыми краями. Звуковые волны попадают в коробку через рупорную трубку; но вместо того, чтобы заполнять всю коробку, они концентрируются смещающимся соплом *N* от центра стеклянного диска через отверстие в *С С*. Вы заметите, что *N* имеет шаровой конец, а *Сс* - гнездо, точно соответствующее *N*, так что, хотя *Сс* и *N* очень быстро перемещаются вверх и вниз, они все равно обеспечивают идеальный контакт. Диск вибрирует под действием звуковых импульсов и вдавлирует режущее острие в поверхность воскового цилиндра, вращаясь под ним по часовой стрелке. Единственный мертвый груз, давящий на *S*, - это *N*, *Сс* и стеклянная диафрагма.

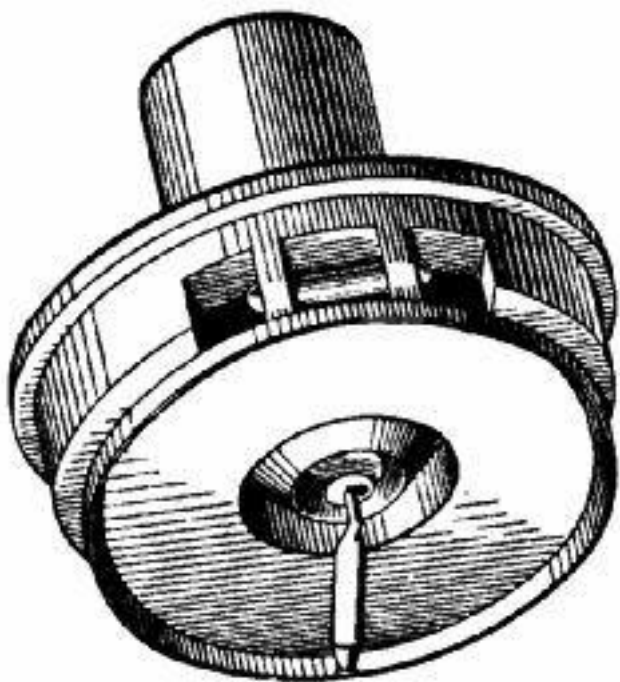


Рис. 148. Вид фонографа в перспективе.

При вращении цилиндра регистратор непрерывно перемещается с помощью ходового винта, имеющего сотню или более резьб на дюйм, вырезанных на нем, так что он образует непрерывную винтовую канавку от одного конца воскового цилиндра к другому. Эта канавка на самом деле представляет собой серию очень мелких углублений, глубина которых не превышает $1/1000$ дюйма.^[33] При рассмотрении под микроскопом поверхность пластинки представляет собой череду холмов и долин, некоторые из которых намного больше других (рис. 151, а). Громкий звук заставляет стилус энергично копать, в то время как низкие звуки практически не приводят его в движение. Самое замечательное в этой звукозаписи то, что впечатлены не только основные тона музыкальных нот, но и гармоники, которые позволяют нам сразу решить, является ли запись игрой на корнете, скрипке или банджо. Более того, если рядом с рупором магнитофона одновременно играют несколько инструментов, стилус улавливает все различные оттенки тона каждой ноты аккорда. Есть, так сказать, второстепенные холмы и долины, прорезанные на склонах основных холмов и долин.

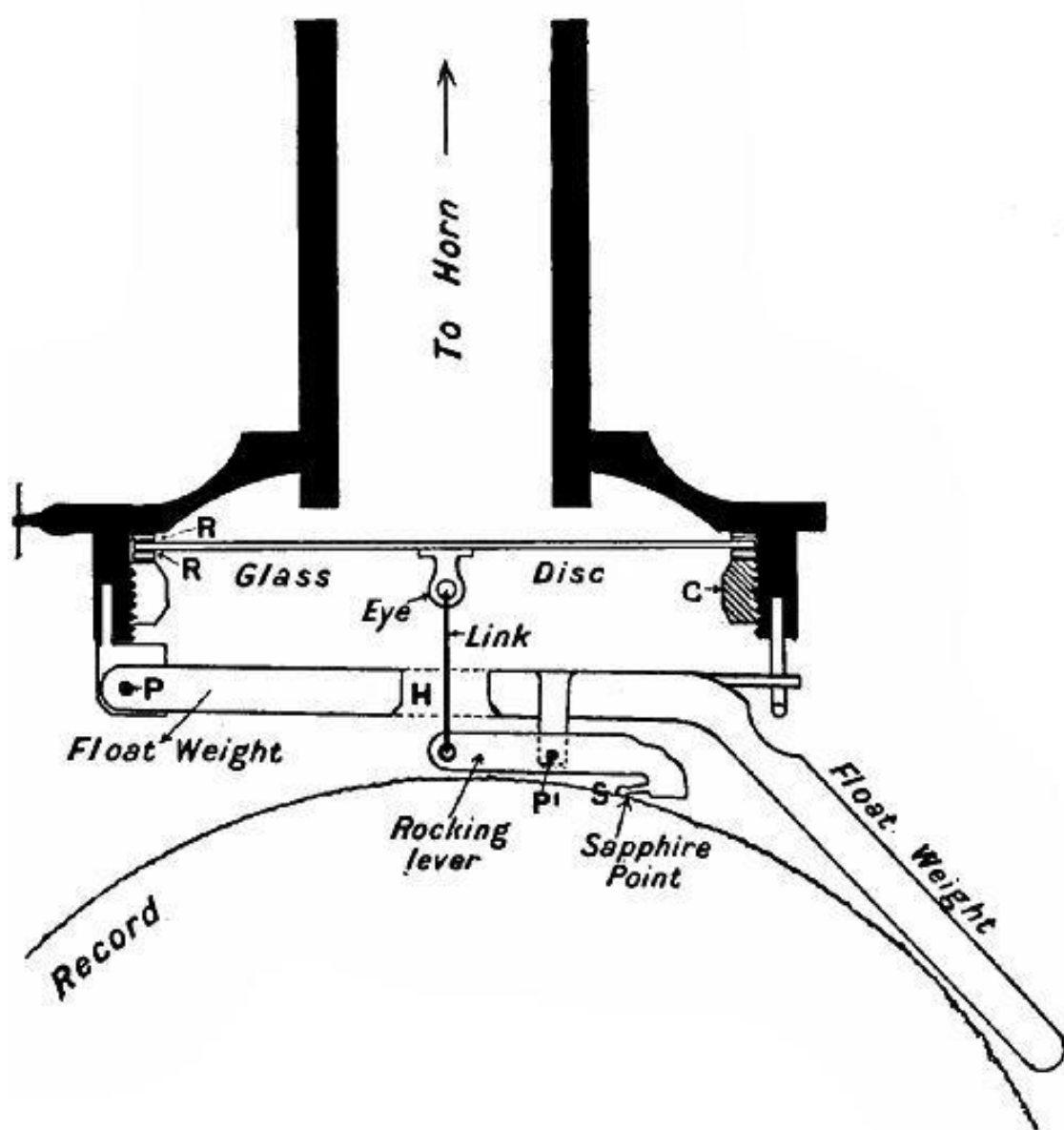


Рис.

149.Секция репродуктора фонографа Эдисона Белла.

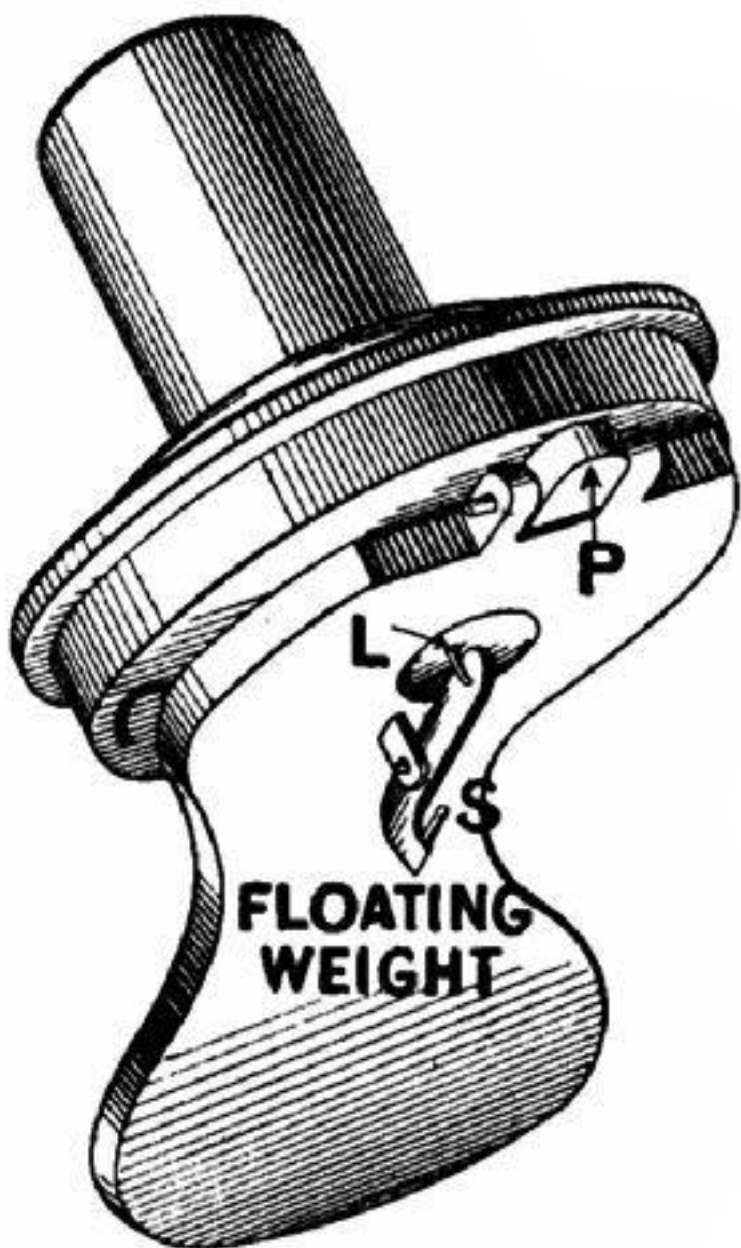


Рис. 150. Перспективный вид фонографического репродуктора.

The *Репродуктор* (рис. 149) несколько сложнее магнитофона. Как и раньше, у нас есть круглая коробка, сообщающаяся с рупором инструмента. Тонкий стеклянный диск образует дно коробки. Он удерживается на месте между резиновыми кольцами, R R, с помощью винтового хомута, С. К центру прикреплен небольшой ушко, с которого свисает звено, L. С одного края коробки на шарнире Р прикреплен *плавающий грузик*, имеющий круглое отверстие непосредственно под ушком. Звено проходит через него к левому концу крошечного рычага, который качается на шарнире, выступающем из груза. К правому концу рычага прикреплен сапфировый стержень, или стилус, с шаровидным концом диаметром, равным диаметру режущей части диктофона. Плавающий грузик прижимает стилус к пластинке, а также удерживает связь между качающимся рычагом стеклянной диафрагмы в натянутом состоянии. Таким образом, каждый удар по стилусу передается по каналу связи на диафрагму, которая вибрирует и посылает воздушный импульс в звуковой сигнал. Поскольку импульсы подаются с той же частотой, что и те, которые приводили в движение диафрагму

магнитофона, звуки, которые они представляют, воспроизводятся точно, вплоть до гармоник музыкальной ноты.

ГРАММОФОН.

Это выполняет ту же функцию, что и фонограф, но несколько иным образом. Фонограф-рекордер вонзается вертикально вниз в поверхность пластинки, в то время как стилус граммофона виляет из стороны в сторону и описывает змеиный ход (рис. 151б). В говорящих машинах не имеет значения, перемещается ли воспроизводящий стилус в сторону или вертикально во время записи, при условии, что движение передается им диафрагме.



Рис. 151а.



Рис. 151б.

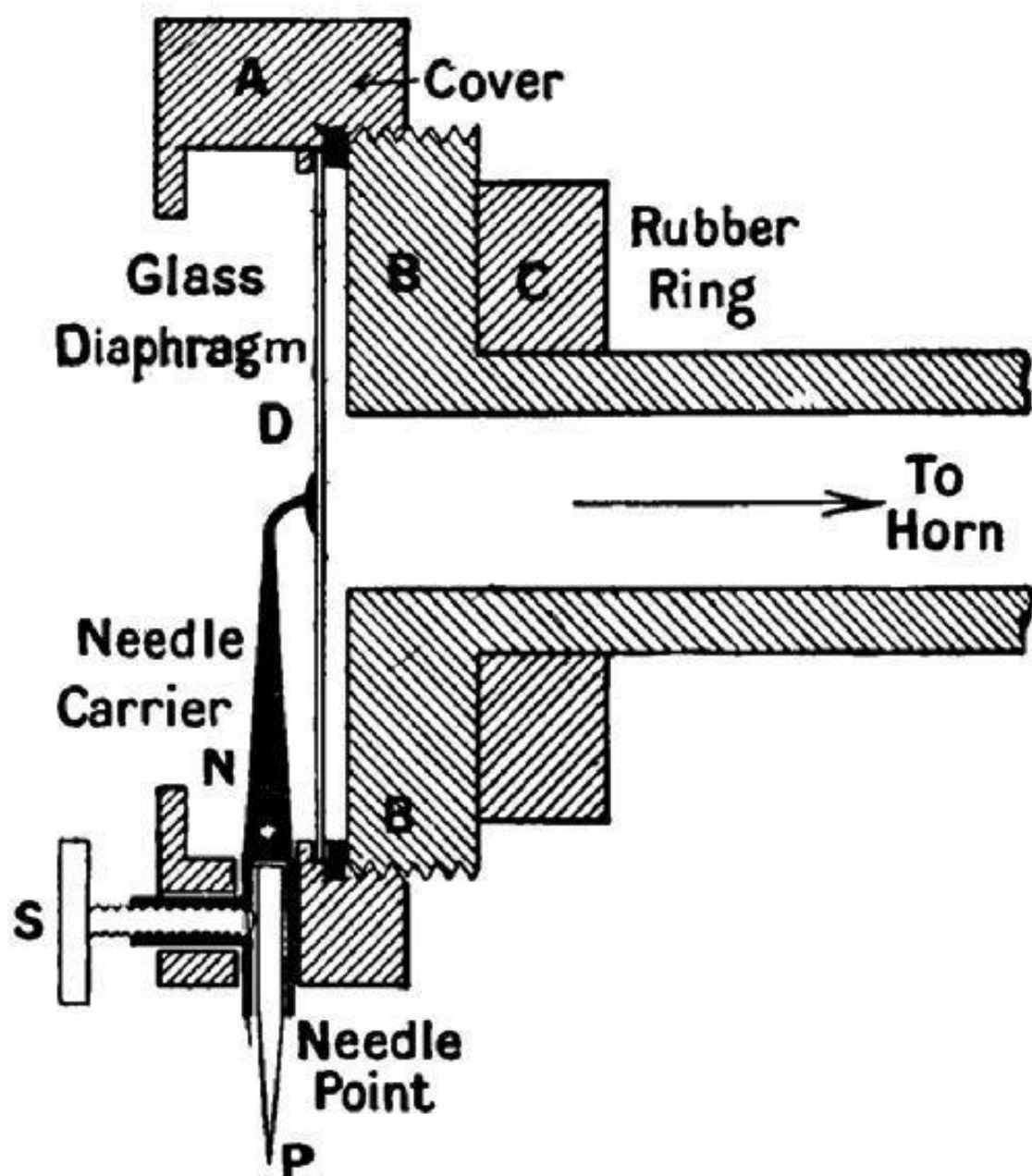


Рис. 151,в—

Секция граммофонного репродуктора.

На рис. 151с конструкция граммофонного репродуктора показана в разделе. А - это крышка, которая привинчивается к нижней части В и удерживает диафрагму D между собой и резиновым кольцом. Участок В удлинен до трубчатой формы для соединения с рупором, рычаг которого скользит по трубе и прижимается к резиновому кольцу С, образуя герметичное соединение. Иголдержатель N прикреплен своим верхним концом к центру диафрагмы. В точке, обозначенной белой точкой, через него и крышку проходит булавка. Нижний конец имеет трубчатую форму для размещения стальных наконечников, которые необходимо заменить после прохождения один раз по пластинке. Винт S, входящий в гнездо, выступающее из держателя, надежно удерживает наконечник. Запись перемещается горизонтально под точкой в плоскости, перпендикулярной странице. Канавка имеет зигзагообразную форму, игла вибрирует вправо-влево, а вращение держателя на ничтожную долю дюйма вокруг оси приводит к сотрясению стеклянной диафрагмы и подаче волн воздуха в рупор.

Грамофон - это всего лишь воспроизводящий инструмент. Записи производятся на специальном аппарате, оснащенном устройством, заставляющим точку записи описывать спиральную траекторию от окружности к центру записывающего диска. Некоторые грамофонные пластинки имеют до 250 оборотов на дюйм. Общая длина дорожки на десятидюймовой "концертной" пластинке составляет около 1000 футов.

СОЗДАНИЕ ЗАПИСЕЙ.

В коммерческих целях было бы нецелесообразно делать каждую запись отдельно на звукозаписывающей машине. Расходы на привлечение хороших певцов и инструменталистов делают такой метод практически невыполнимым. Все пластинки, которые мы покупаем, изготавливаются из форм, приготовление которых мы сейчас вкратце опишем.

ЦИЛИНДР ИЛИ ГРАМОФОННЫЕ ПЛАСТИНКИ.

Прежде всего, восковая запись делается обычным способом на записывающей машине. После тестирования и утверждения пластинку подвешивают вертикально и по центру к вращающемуся столу, закрепленному на вертикальном металлическом стержне, проходящем через пластинку. С одной стороны стола лежит кусок железа. С каждой стороны пластинки на небольшом расстоянии возвышается латунный стержень, заключенный в стеклянную трубку. Верхние части стержней зацеплены, так что к ним можно подвешивать кусочки сусального золота. Теперь над пластинкой, столом и стержнями устанавливается стеклянный колпак, а воздух отсасывается насосом. Как только создается хороший вакуум, ток из вторичной цепи индукционной катушки подается на стержни, поддерживающие золотые листья, которые улетучиваются при переходе тока от одного к другому. Магнит, вращающийся снаружи стеклянного колпака, обхватывает железный якорь на поворотном столе и, следовательно, приводит во вращение пластинку, на поверхность которой нанесен очень тонкий слой золота. Затем пластинку помещают в гальваническую ванну до тех пор, пока снаружи не образуется медная оболочка толщиной в одну шестнадцатую дюйма. Она обрабатывается на токарном станке и помещается в латунную трубку. "Мастерскую", или оригинальную восковую пластинку, удаляют путем охлаждения до тех пор, пока она не сожмется настолько, что выпадет из медной формы, на внутренней поверхности которой рельефно воспроизведены углубления восковой "мастерки".

Копии изготавливаются с формы путем погружения ее в емкость с расплавленным воском. Холодный металл охлаждает воск, который прикасается к нему, так что вскоре форма покрывается толстой восковой оболочкой. Форма и копия извлекаются из резервуара и устанавливаются на токарный станок, который формирует и разглаживает внутреннюю часть пластинки. Пластинка извлекается из формы путем охлаждения. После проверки на наличие дефектов, если они признаны удовлетворительными, их упаковывают в вату и добавляют в товарный запас.

Грамофонные мастер-пластинки изготавливаются на круглом цинковом диске, покрытом очень тонкой пленкой кислотостойкого жира. Когда диск вращается в звукозаписывающей машине, острый стилус прорезает жир и обнажает цинк под ним. При погружении в ванну с хромовой кислотой обнаженные поверхности обгрызаются, в то время как неэкспонированные участки остаются незатронутыми. Когда травление считается завершенным, пластину тщательно очищают и тестируют. С него методом электротипирования изготавливается негативная медная копия. Это представляет собой

форму. С него можно сделать до 1000 копий на эбонитовых пластинах комбинированным давлением и нагревом.

[32] Здесь имеется в виду фонограф Edison Bell.

[33] Подсчитано, что некоторые свистящие звуки голоса представлены углублениями глубиной менее миллионной доли дюйма. И все же они воспроизведены очень четко!

Глава XVII.

ПОЧЕМУ ДУЕТ ВЕТЕР.

Почему дует ветер—Сухопутные и морские бризы—Легкий воздух и влага—Барометр—Столбчатый барометр—Колесный барометр—Очень простой барометр—Анероидный барометр—Барометры и погода—Водолазный колокол—Платье для ныряния—Воздушные насосы—Пневматические шины—Пневматический пистолет—Самозакрывающаяся дверь—Ограничитель—Воздействие ветра на наклонные поверхности—Воздушный шар—Летательный аппарат.

Когда детский резиновый мяч провисает из-за небольшой утечки воздуха и теряет часть упругости, обычной практикой является поддержать его в течение нескольких минут перед огнем, пока он снова временно не натянется. Почему тепло оказывает такое воздействие на шар? В шар больше не нагнетался воздух. Внимательно прочитав главу о паровой машине, читатель сможет дать ответ. "Потому что молекулы воздуха более энергично сталкиваются друг с другом, когда воздух нагревается, и, ударяясь о внутреннюю часть шара с большей силой, приводят его в состояние большего натяжения".

Если мы нагреваем открытую банку, давление не создается, поскольку воздух просто расширяется и выходит из горлышка. Но воздух, который остается в банке, будучи в меньшем количестве, чем когда она еще не была нагрета, весит меньше, хотя и занимает то же пространство, что и раньше. Если бы мы взяли очень тонкий баллон и наполнили его горячим воздухом, он, следовательно, плавал бы в более холодном воздухе, доказывая, что нагретый воздух, как и следовало ожидать, *имеет тенденцию подниматься*. В огненном баллоне используется этот принцип: воздух внутри мешка искусственно подогревается огнем, горящим в каком-либо сосуде, прикрепленном под открытым горлышком мешка.

В настоящее время солнце светит с разной степенью нагревательной способности в разных частях света. Там, где его воздействие наиболее велико, воздух самый горячий. Мы предположим, ради аргументации, что в определенный момент воздушная оболочка по всему земному шару имеет одинаковую температуру. Внезапно появляется солнце и нагревает воздух в точке А до тех пор, пока он не становится на много градусов теплее окружающего воздуха. Нагретый воздух расширяется, поднимается и распространяется над холодным воздухом. Но поскольку заданная глубина теплого воздуха имеет меньший вес, чем равная глубина холодного воздуха, холодный воздух сразу же начинает устремляться к В и выдавливать остальной теплый воздух. Поэтому мы можем представить атмосферу как состоящую из ряда более холодных потоков, проходящих вдоль поверхности земли, чтобы заменить теплые потоки, поднимающиеся и распространяющиеся по верхней поверхности

холодного воздуха. Аналогичная циркуляция происходит в сосуде с нагретой водой (см. стр. 17).

СУХОПУТНЫЙ И МОРСКОЙ БРИЗ.

Бриз, который днем дует с моря на сушу, часто меняет свое направление вечером. Почему это? Земля нагревается или холодеет быстрее, чем море. Когда жарко светит солнце, земля быстро прогревается и нагревает воздух над ней, который становится легким и вытесняется более прохладным воздухом над морем. Когда солнце садится, земля и воздух над ней быстро теряют свое тепло, в то время как температура моря остается практически такой же, как и раньше. Таким образом, баланс меняется, более тяжелый воздух теперь лежит над сушей. Поэтому он течет в сторону моря и вытесняет оттуда более теплый воздух.

ЛЕГКИЙ ВОЗДУХ И ВЛАГА.

Легкий теплый воздух впитывает влагу. По мере охлаждения содержащаяся в нем влага конденсируется. Подышите на тарелку, и вы заметите, что на ней сразу образуется водянистая пленка. Холодная поверхность конденсирует воду, взвешенную в теплом дыхании. Если вы хотите высушить влажное помещение, вы нагреваете его. Затем влага переходит от стен и предметов в помещении в атмосферу.

БАРОМЕТР.

Это свойство воздуха отвечает за изменения погоды. Легкий, насыщенный влагой воздух встречается с холодным, сухим воздухом, и внезапное похолодание заставляет его выделять влагу, которая выпадает в виде дождя или парит в виде облаков. Если бы только мы могли обнаружить присутствие теплых воздушных слоев над нами, мы были бы в состоянии предсказывать погоду.

Мы можем судить об удельном весе воздуха в нашем районе с помощью барометра, что означает "измеритель веса". Нормальное давление воздуха на уровне моря на наши тела или любые другие объекты составляет около 15 фунтов. в пересчете на квадратный дюйм — то есть, если бы вы могли заключить в тюрьму и взвесить столб воздуха площадью в один квадратный дюйм в сечении и высотой атмосферной оболочки планеты, весы показали бы 15 фунтов. Много лет назад (1643) Торричелли, ученик Галилея, впервые рассчитал давление с помощью очень простого эксперимента. Он взял длинную стеклянную пробирку, запечатанную с одного конца, наполнил ее ртутью и, закрыв открытый конец большим пальцем, перевернул пробирку и погрузил открытый конец под поверхность резервуара с ртутью. Убрав большой палец, он обнаружил, что ртуть опускалась в пробирке до тех пор, пока поверхность ртути в пробирке не оказалась примерно в 30 дюймах по вертикали над поверхностью ртути в резервуаре. Теперь, поскольку верхний конец был запечатан, *над ртутью должно быть разрежение*. Что поддерживало колонну? Атмосфера. Таким образом, было очевидно, что понижающее давление ртути в точности уравнивало восходящее давление воздуха. Поскольку ртутный столб высотой 30 дюймов и площадью 1 квадратный дюйм весит 15 фунтов, давление воздуха на квадратный дюйм, очевидно, такое же.

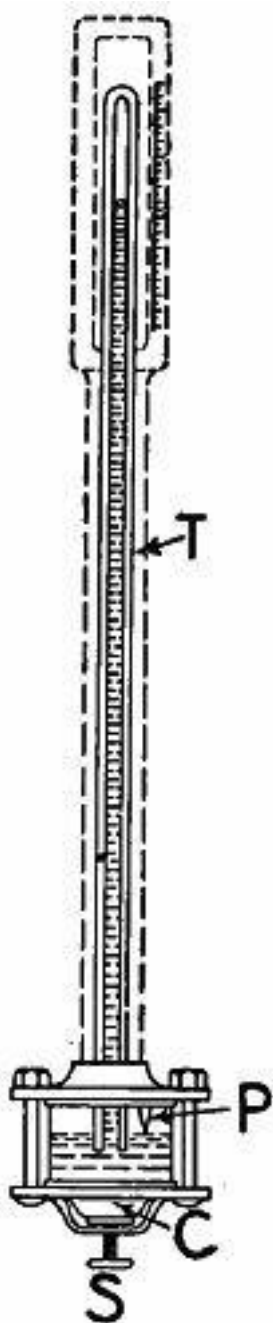


Рис. 152. Барометр Фортена.

СТОЛБЧАТЫЙ БАРОМЕТР ФОРТИНА

представляет собой простую торричеллиеву трубку, Т, нижний конец которой погружен в маленький стеклянный резервуар со ртутью (рис. 152). Дно этого резервуара сделано из кожи для мытья посуды. Для получения "показаний" винт S, нажимая на пену для мытья посуды, регулируют до тех пор, пока уровень ртути в резервуаре не поднимется до кончика маленькой точки цвета слоновой кости Р. Показанием является цифра шкалы на лицевой стороне корпуса, напротив которой находится поверхность колонки.

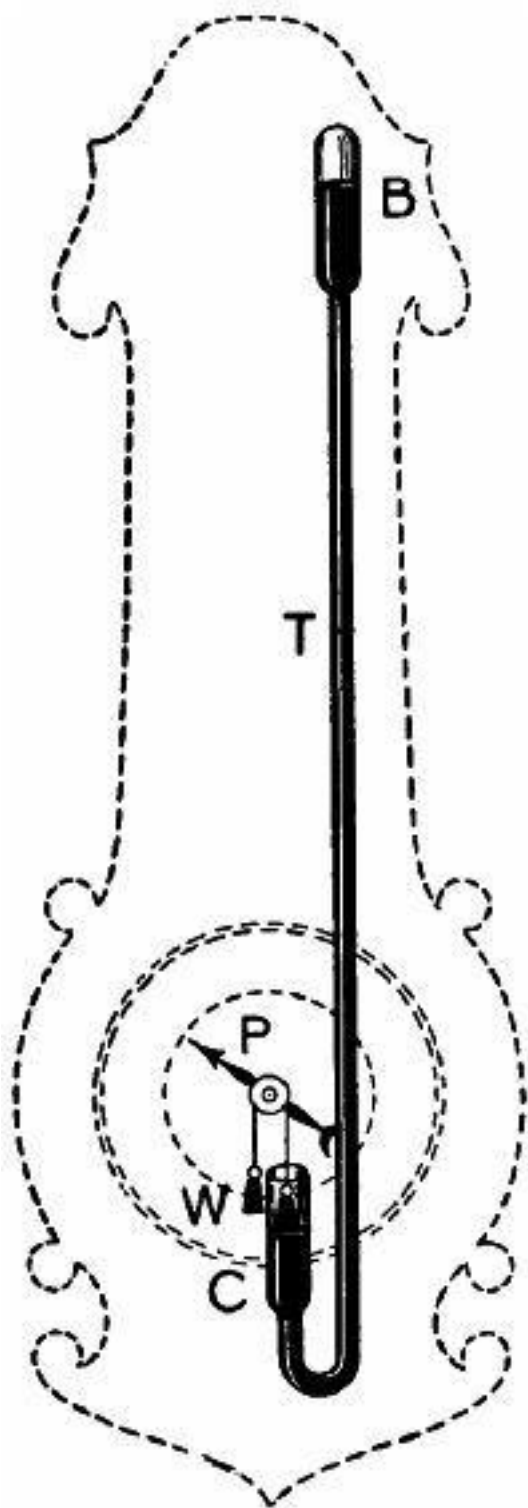


Рис. 153.

БАРОМЕТР НА КОЛЕСЕ

также используется ртутный столб (рис. 153). Нижний конец трубки загибается вверх и расширяется, образуя резервуар С. Стрелка Р, вращающаяся по градуированному циферблату, установлена на шпинделе, несущем шкив, над которым проходит струна с грузом на каждом конце. Более тяжелый из гирь лежит на верхней части ртутного столба. Когда атмосферное давление падает, ртуть в С поднимается, поднимая этот груз, и стрелка перемещается. Эта форма барометра не такая тонкая и надежная, как у Фортена, или как сифонный барометр, который имеет трубку той же формы, что и колесный прибор, но того же

диаметра от конца до конца, за исключением сужения на изгибе. Показания сифона - это расстояние между двумя поверхностями ртути.

ОЧЕНЬ ПРОСТОЙ БАРОМЕТР

делается путем откручивания горлышка маленькой бутылочки, наполнения корпуса водой и подвешивания ее на веревочке в показанном положении (рис. 154). Когда атмосферное давление падает, вода в отверстии выпячивается наружу; когда оно повышается, вода отступает до тех пор, пока ее поверхность не станет слегка вогнутой.

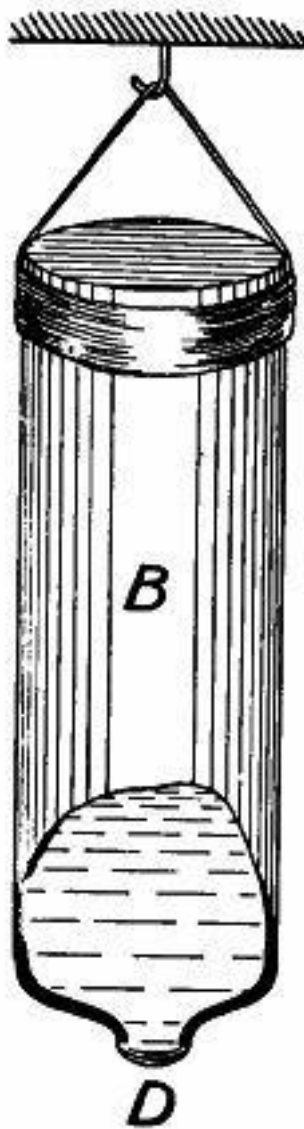


Рис. 154.

БАРОМЕТР-АНЕРОИД.

Из-за их размера и веса, а также сравнительной сложности транспортировки без повреждения ртутного столба столбчатые барометры используются не так широко, как anerоидные. Анероид означает "без влаги" и в этой конкретной связи означает, что в конструкции барометра не используется жидкость.

На рис. 155 подробно показан анероид. Наиболее заметной особенностью является вакуумная камера V_c , представляющая собой круглую коробку, верхняя и нижняя части которой сделаны из гофрированного, но тонкого и эластичного металла. Секции коробки показаны на рис. 156, 157. Она прикреплена снизу к базовой плате прибора с помощью

винта (рис. 156). Сверху поднимается штифт Р с поперечным отверстием для установки штифта Ке, который имеет треугольное сечение и выступает с одного края.

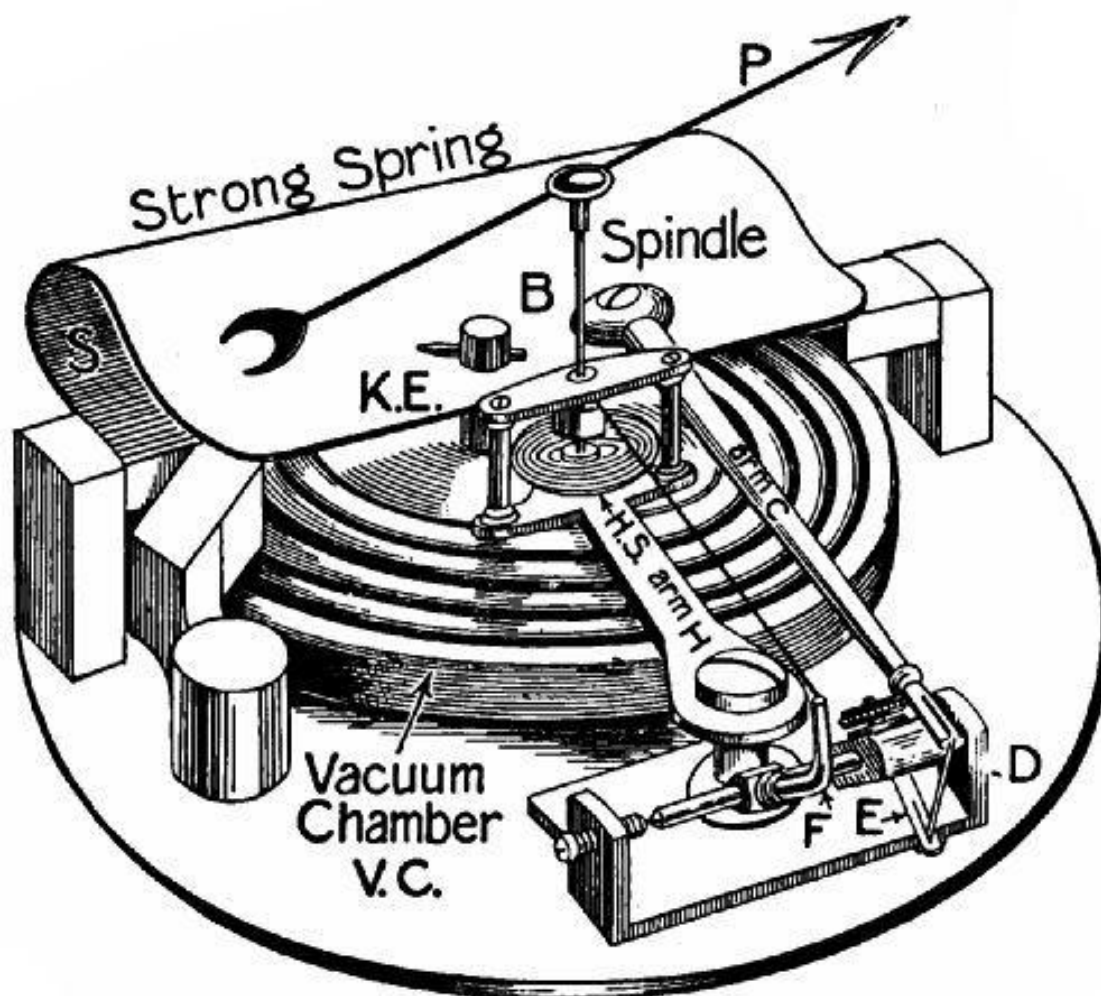


Рис. 155—

барометр-анероид.

Возвращаясь к рис. 155, мы видим, что Р выступает через S - мощную пружину из листовой стали. К нему прикреплен длинный рычаг С, свободный конец которого перемещает звено, вращающее через штифт Е шпindel, установленный в раме D. Шпindel перемещает рычаг F. Это натягивает очень тонкую цепочку, намотанную на ось указателя В, напротив волосковой пружины Н S. В установлена на рычаге Н, который совершенно независим от остальной части анероида.

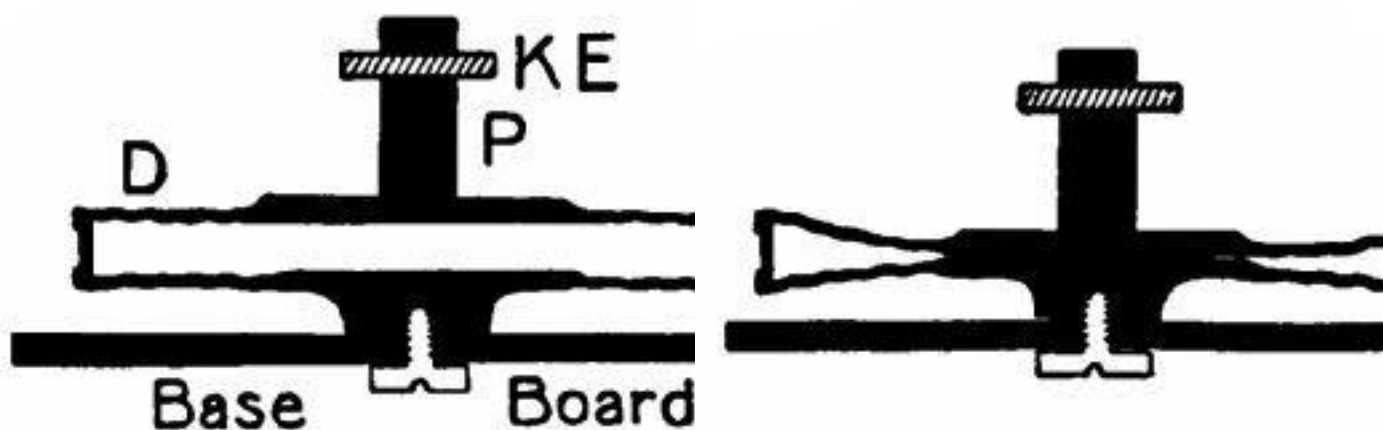


Рис. 156.

Рис. 157.

Вакуумная камера anerоидного барометра расширяется и сжимается.

Вакуумная камера опорожняется в процессе изготовления и герметизируется. Естественно, она приняла бы форму, показанную на рис. 157, но пружина S, действующая вопреки атмосферному давлению, вытягивает ее наружу. По мере изменения давления пружина поднимается или опускается; и малейшее движение передается через рычаги умножения C, E, F на указатель.

Хороший anerоид настолько хрупкий, что он почувствует разницу в давлении, вызванную поднятием его с пола на стол, где на нем на пару футов меньше воздушного столба. Таким образом, anerоид является ценным подспорьем для альпинистов при определении их высоты над уровнем моря.

БАРОМЕТРЫ И ПОГОДА.

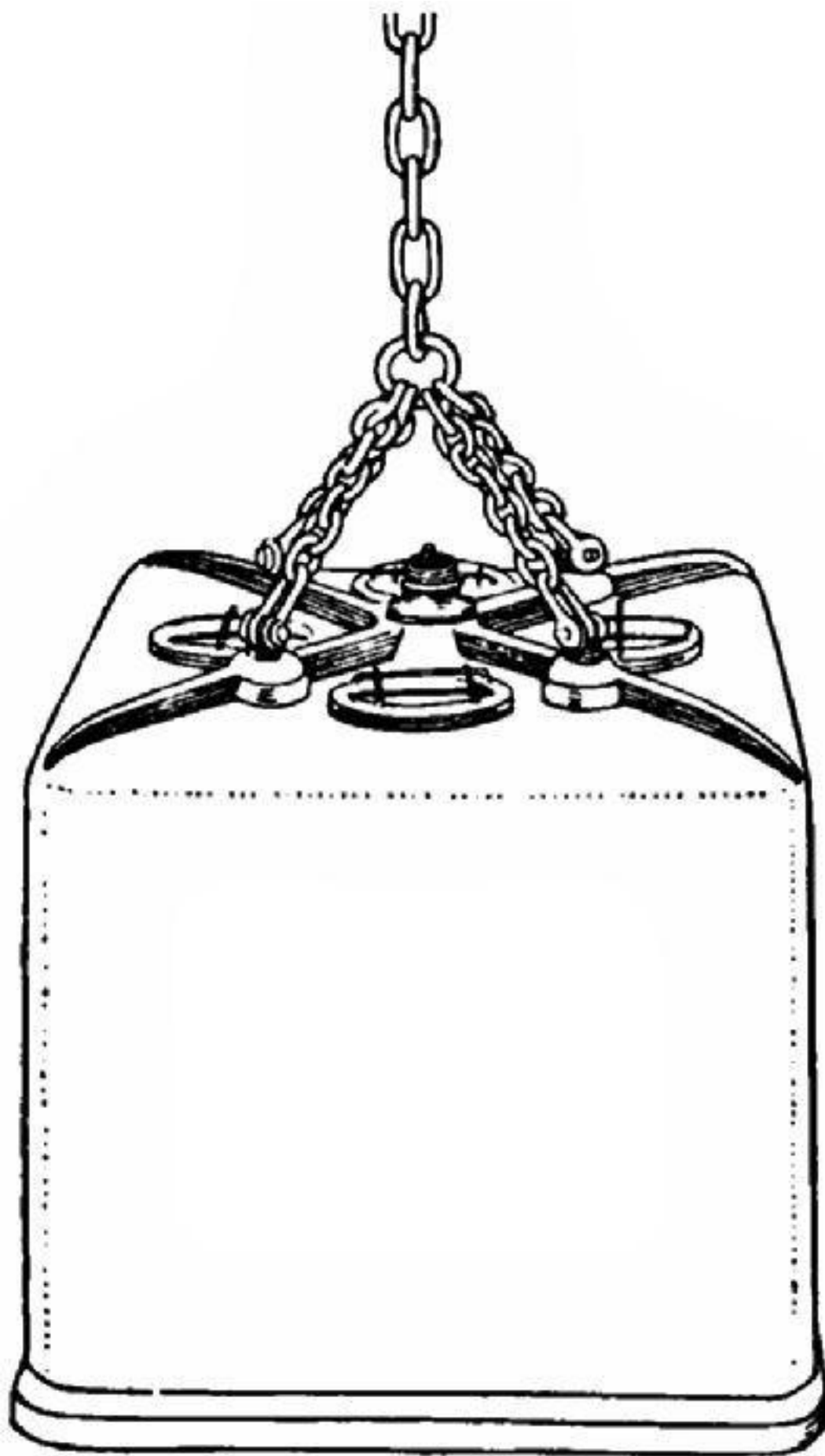
Теперь мы можем вернуться к рассмотрению вопроса о прогнозировании погоды по движениям барометра. Первое, что следует иметь в виду, это то, что прибор по сути представляет собой *весовой* регистратор. Как погода связана с атмосферным весом?

В Англии теплый юго-западный ветер обычно приносит влажную погоду, северный и восточный ветры - хорошую погоду; причина этого в том, что первый достигает нас после прохождения над Атлантикой и сбора некоторого количества влаги, в то время как второй и третий пришли по суше и отложили свою влагу, прежде чем достичь нас.

Опускание барометра предвещает приближение нагретого воздуха, то есть влажного воздуха, который при встрече с более холодным воздухом теряет свою влагу. Поэтому, когда ртуть падает, мы ожидаем дождя. С другой стороны, когда "стекло" поднимается, мы знаем, что поступает более холодный воздух, а поскольку более холодный воздух поступает из засушливого квартала, мы ожидаем хорошей погоды. Из этого не следует, что одни и те же условия наблюдаются во всех частях света. В регионах, где океан находится на востоке или севере, ветры, дующие оттуда, будут дождливыми, в то время как юго-западные ветры могут принести жаркую и сухую погоду.

ВОДОЛАЗНЫЙ КОЛОКОЛ.

Вода почти в 773 раза тяжелее воздуха. Если мы погрузим барометр совсем немного ниже поверхности резервуара для воды, мы сразу же заметим повышение ртутного столба. На глубине 34 фута давление на любой погруженный объект составляет 15 фунтов. на квадратный дюйм, в дополнение к атмосферному давлению в 15 фунтов. на квадратный дюйм — то есть, было бы 30 фунтов. *абсолютное* давление. Как правило, говоря о гидравлическом давлении, мы начинаем с нормального атмосферного давления, равного нулю, и здесь мы будем соблюдать эту практику.



водолазный колокол.

Рис. 158.

Водолазный колокол используется для того, чтобы люди могли работать под водой, не прибегая к водолазному костюму. Эскиз обычного водолазного колокола приведен на рис. 158. Его можно описать как квадратный железный ящик без дна. Вверху расположены звенья, с помощью которых он крепится к опускной цепи, и окна, защищенные решетками; также имеется насадка для воздушной трубки.

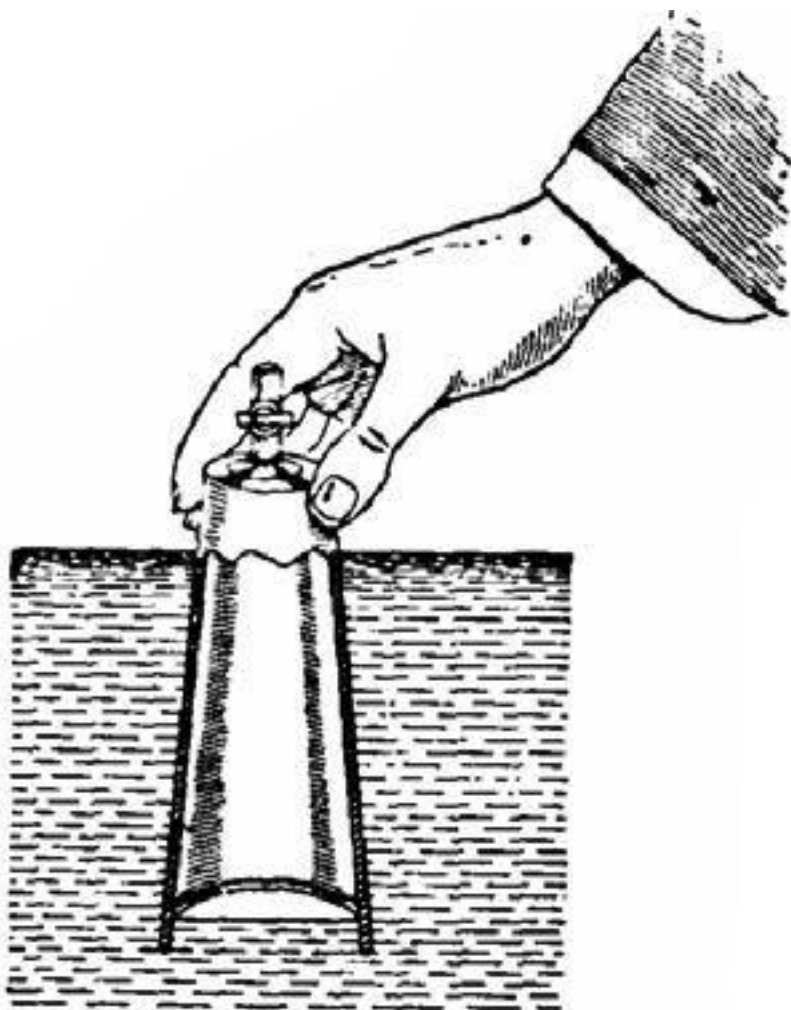


Рис. 159.

Простую модель колокольчика (рис. 159) легко изготовить из стеклянного стакана, в дно которого вставлен кран, просверленный в отверстии. Мы закрываем кран и опускаем стакан в сосуд с водой. Вода поднимается определенным образом вверх по внутренней поверхности до тех пор, пока воздух внутри не будет сжат до давления, равного давлению воды на уровне внутренней поверхности. Чем дальше опущен стакан, тем выше поднимается вода внутри него.

Очевидно, люди не могли бы работать в водолажном колоколе, в который таким образом проникает вода. Крайне важно удерживать воду на расстоянии. Это можно сделать, прикрепив трубку к крану (рис. 160) и дую в стакан до тех пор, пока давление воздуха не превысит давление воды, о чем свидетельствуют пузырьки, поднимающиеся к поверхности. Поэтому к водолазному колоколу прикреплен шланг, по которому насосами нагнетается воздух из атмосферы наверху под давлением, достаточным для того, чтобы вода не попадала в колокол. Такая откачка воздуха также обеспечивает работников свежим запасом кислорода.

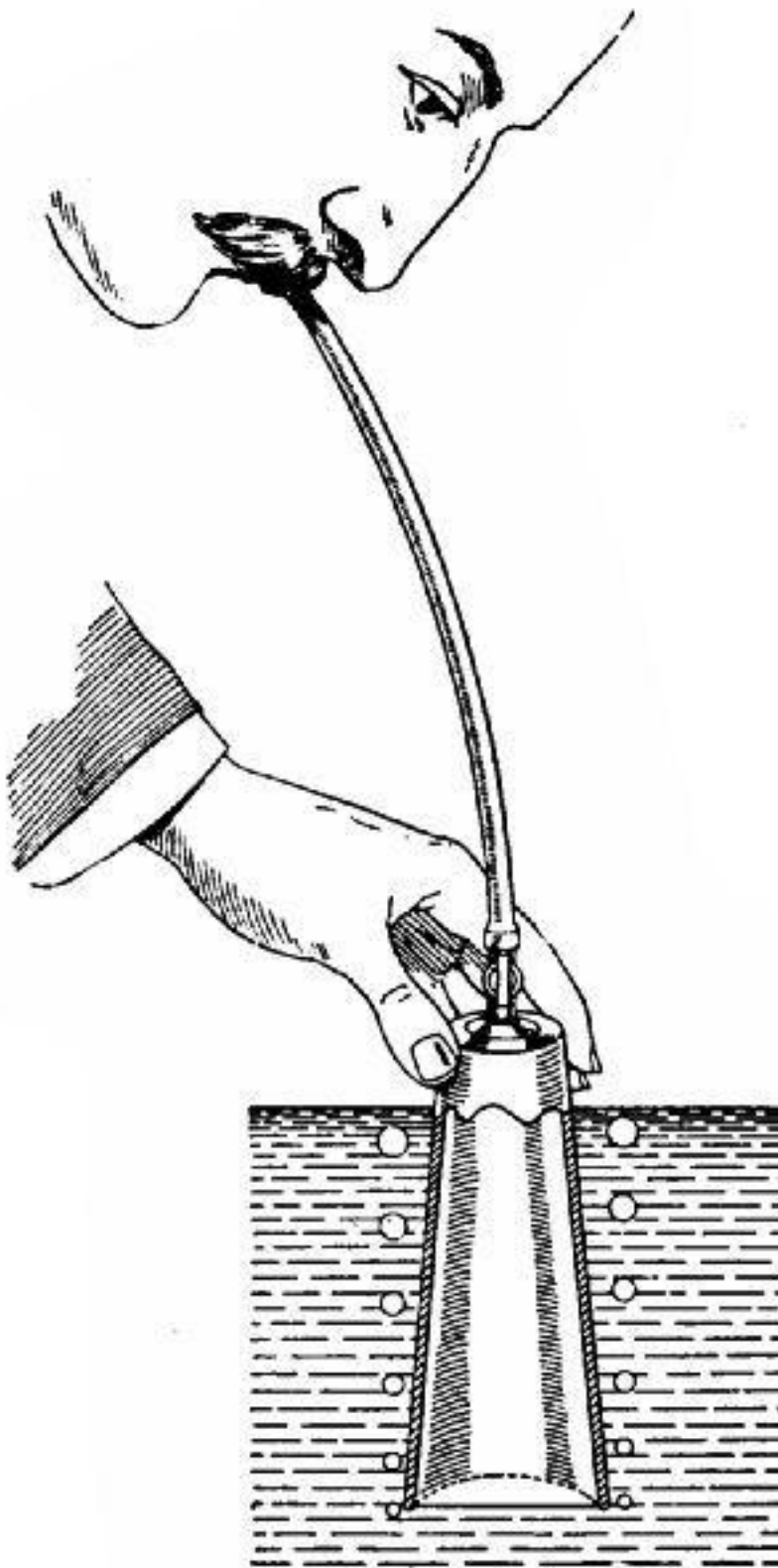


Рис. 160.

Внутри колокола находится снасть для захвата любого объекта, который необходимо переместить, например, тяжелого каменного блока. Водолазный колокол используется в основном для кладки подводной кладки. "Колокол, подвешенный либо с помощью крана к каменной кладке, уже возведенной над уровнем моря, либо со специально оборудованной баржи, приходит в действие. Блок опускается на дно собственным краном. Колокол опускается на него, и команда захватывает его с помощью троса, подвешенного внутри колокола. Наверх отправляются инструкции относительно направления, в котором следует

перемещать колокол с его ношей, и как только достигается точное место, подается сигнал к опусканию, и камень опускается на готовый для этого цементный слой."[\[34\]](#)

Для многих целей необходимо, чтобы рабочий имел больше свободы действий, чем это возможно, когда он заперт в железном ящике. Отсюда и изобретение

ВОДОЛАЗНЫЙ КОСТЮМ,

который состоит из двух основных частей, шлема и собственно одежды. Шлем (рис. 161) сделан из меди. Нагрудник В, имеющий форму, соответствующую размеру плеч, имеет на шее сегментный винтовой штык-шов. Головной убор снабжен соответствующим винтом, который может быть прикреплен или снят на одну восьмую оборота. Шейный край платья, который состоит из одной детали, ног, рук, туловища и всего остального, прикрепляется к нагруднику с помощью пластины P¹, плотно прикрученной к нему барашковыми гайками Nn, болты которых проходят через нагрудник. Воздух поступает в шлем через клапан, расположенный сзади, и выводится по трубкам, расположенным внутри, спереди. Этот клапан автоматически закрывается, если какая-либо авария перекрывает подачу воздуха, и в одежде остается достаточно воздуха, чтобы дайвер мог вернуться на поверхность. Выпускной клапан Ov может регулироваться дайвером для поддержания любого давления. По бокам головного убора расположены два крючка H, через которые проходят шнуры, соединяющие тяжелые свинцовые гири весом 40 фунтов. каждый висит на груди и спине ныряльщика. Эти гири также прикреплены к ручкам К К. Пара ботинок весом по 17 фунтов. Свинцовые подошвы дополняют костюм. В головном уборе имеются три застекленных окна, которые спереди, справа, являются съемными, так что дайвер может получить свободный доступ к воздуху, когда он находится над водой, не будучи обязанным снимать шлем.

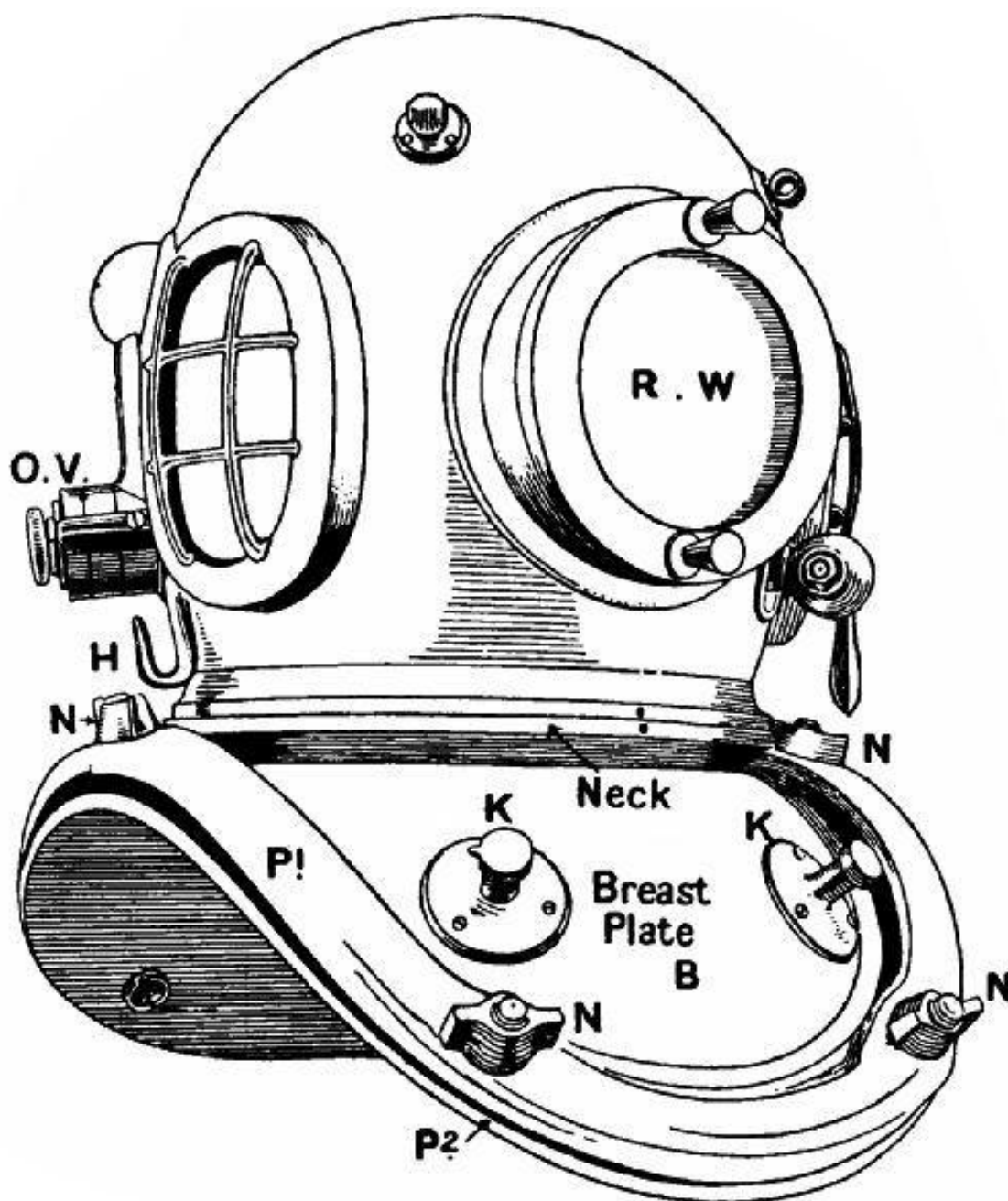


Рис. 161. Шлем

водолаза.

С помощью телефонных проводов, встроенных в спасательный круг (который проходит под мышками дайвера и используется для опускания и подъема), устанавливается легкая связь между дайвером и его сопровождающими наверху. Передатчик телефона расположен внутри шлема между передним и боковым стеклом, приемник и кнопка электрического звонка на темени. Последнюю он может нажать, подняв голову. Спасательный круг иногда также включает провода от электрической лампы (рис. 162), используемой дайвером на глубинах, куда не проникает дневной свет.

Давление на тело дайвера увеличивается в соотношении $4\frac{1}{2}$ фунтов. на квадратный дюйм на каждые 10 футов, которые он спускает. Обычный рабочий предел составляет около 150 футов, хотя "старые руки" способны выдерживать большее давление. Рекорд принадлежит некоему Джеймсу Хуперу, который при снятии груза с затонувшего у берегов Южной Америки

судна "Мыс Горн" совершил семь спусков на 201 фут, один из которых длился сорок две минуты.

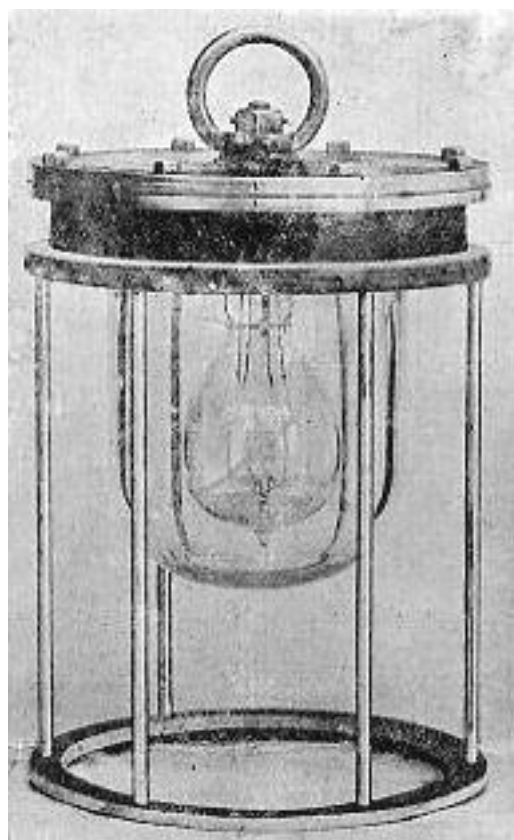


Рис. 162. Электрическая лампа водолаза.

Приведен эскиз (рис. 163) водолазов, работающих под водой с помощью пневматических инструментов, питаемых сверху воздухом высокого давления. Из-за своей плавучести ныряльщик обладает небольшой давящей или толкающей силой, и он не может просверлить отверстие в столбе с помощью шнека, если только он не может опереться спиной о какой-нибудь твердый предмет или не привязан веревкой к столбу. Пневматические рубильные инструменты просто требуют удержания при работе, их вес обеспечивает достаточную устойчивость к очень быстрым ударам, которые они наносят.

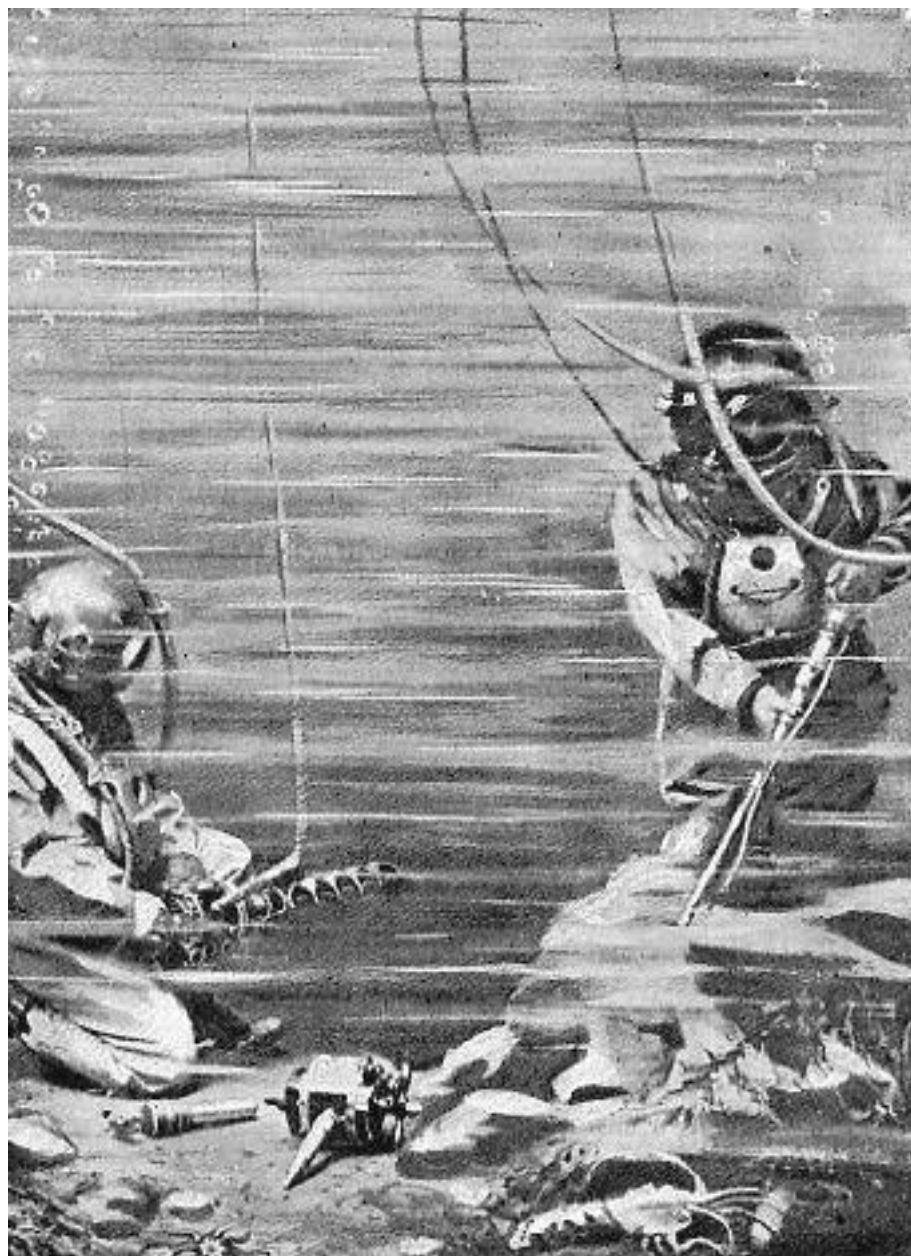


Рис. 163. Водолазы за работой

под водой с пневматическими инструментами.

ВОЗДУШНЫЕ НАСОСЫ.

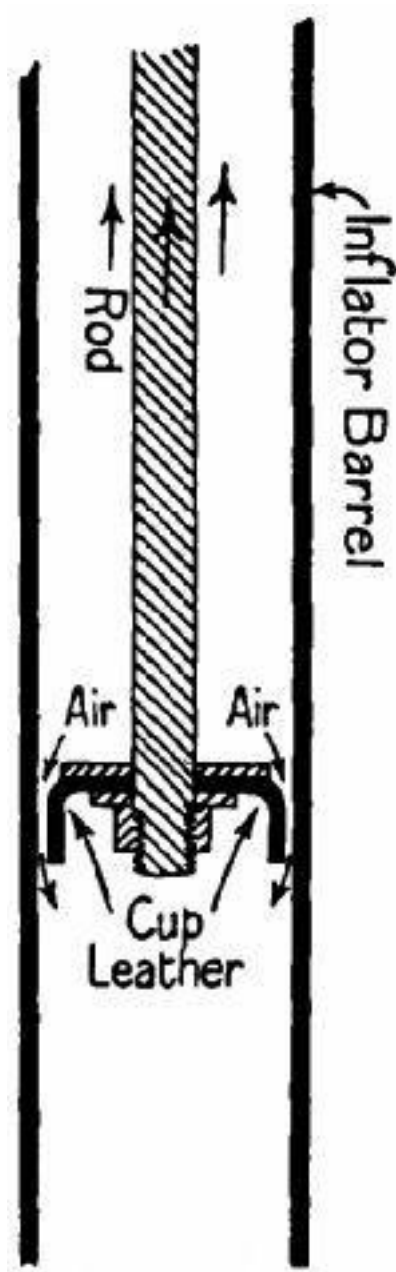


Рис. 164.

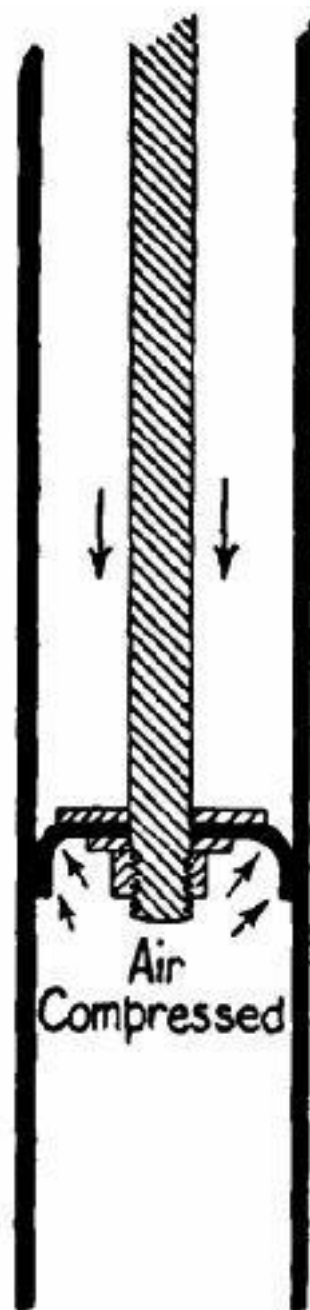


Рис. 165.

Поскольку было упомянуто о воздушном насосе, мы приводим схемы (рис. 164, 165) простейшей формы воздушного насоса - циклического накачивателя шин. Поршень состоит из двух круглых пластин меньшего диаметра, чем ствол, удерживающих между собой кожаную чашечку. При движении вверх чашка опускается внутрь и пропускает воздух. При движении вниз (рис. 165) края стакана расширяются, прижимаясь к цилиндру, препятствуя прохождению воздуха вокруг поршня. Воздушный насос двойного действия требует длинного, хорошо пригнанного поршня с чашками с каждой стороны и дополнительных клапанов к цилиндру, поскольку чашки в этих условиях не могут выполнять роль клапанов.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШИНЫ.

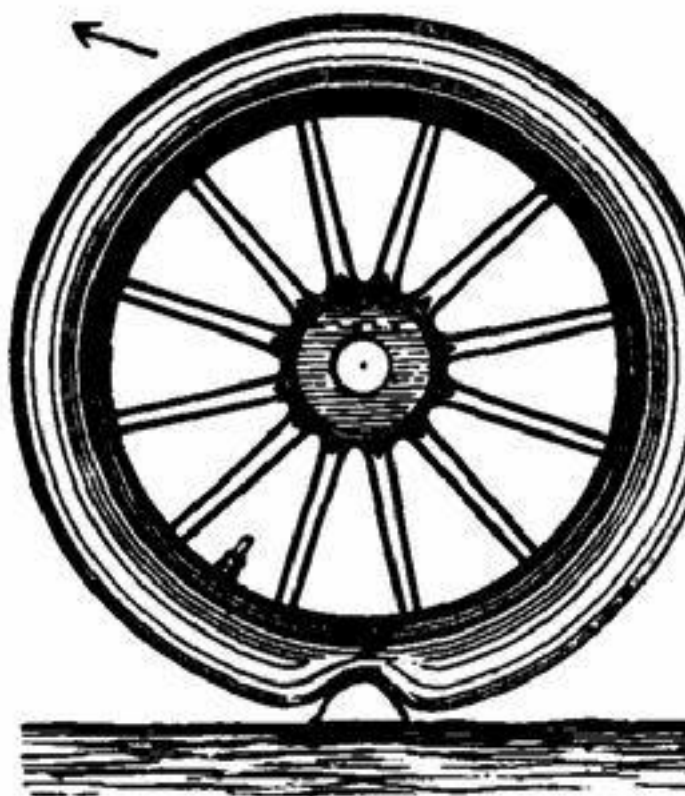


Рис. 166.

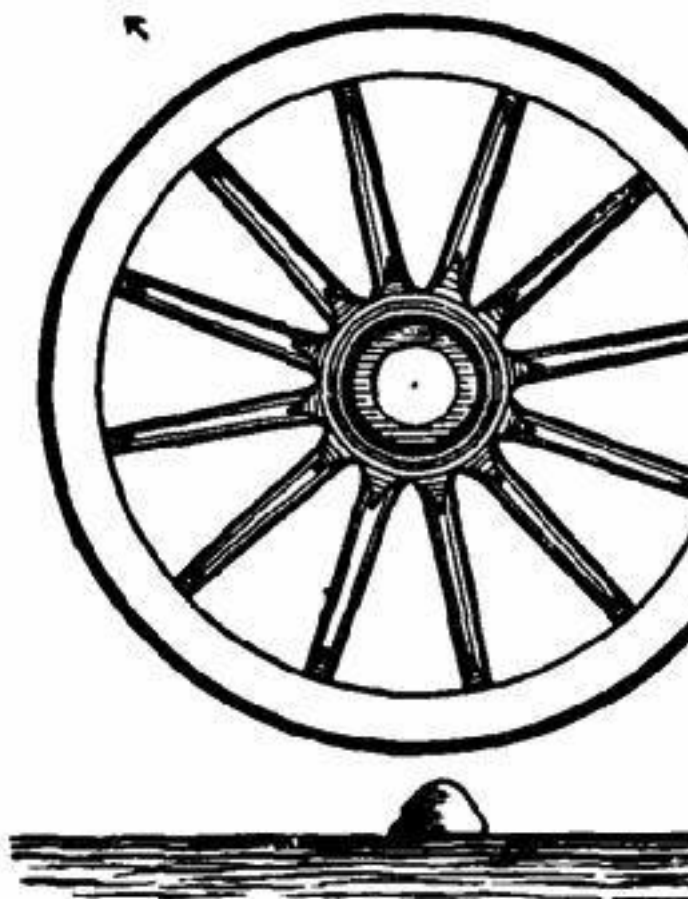


Рис. 167.

Действие пневматической шины в снижении вибрации и увеличении скорости транспортного средства объясняется на рис. 166, 167. Когда шина сталкивается с препятствием, таким как большой камень, она переезжает его (рис. 166) и, поддерживая вес на колесе, уменьшает отклонение от направления движения. Когда колесо из чугуна встречает подобное препятствие, ему приходится преодолевать его, часто подпрыгивая на значительное расстояние в воздух. Результирующие движения колеса в каждом случае обозначены стрелкой. Каждое изменение направления означает потерю поступательной скорости, причем потеря увеличивается с силой и масштабом изменения. Пневматическая шина также выигрывает, потому что благодаря своей эластичности она дает "толчок" о препятствие, который компенсирует сопротивление при сжатии.

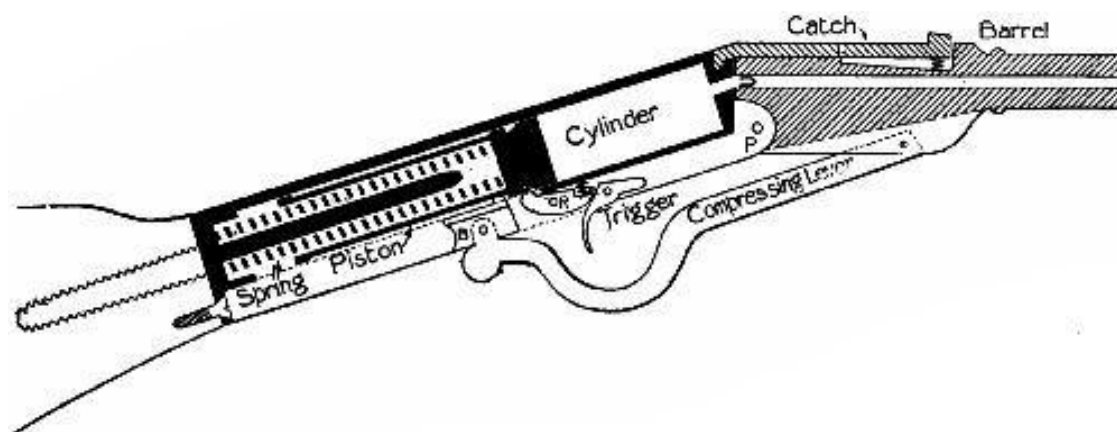


Рис.

168. Секция механизма пневматического пистолета.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПИСТОЛЕТ.

Это можно описать как бесклапанный воздушный насос. На рис. 168 показана секция пневматического пистолета "Gem" с механизмом, готовым к стрельбе. В прикладе пистолета находится *цилиндр*, в котором перемещается точно пригнанный и полый *поршень*. Мощная винтовая пружина, выточенная из цельного стального бруска, сжимается между внутренним концом поршня и верхним концом приклада. Чтобы установить ружье, на *защелку* нажимают так, чтобы ее загнутый конец отсоединялся от приклада, а ствол загибают вниз на шарнире Р. При этом нижний конец *сжимающего рычага* сдвигается к торцу, и выступ на направляющей В, работая в канавке, увлекает поршень за собой. Когда пружина полностью сжата, треугольный наконечник качающегося кулачка R входит в зацепление с канавкой в головке поршня и предотвращает отдачу при возврате ствола в исходное положение. При нажатии на спусковой крючок поршень освобождается и с огромной силой поднимается вверх по цилиндру, а воздух в цилиндре сжимается и выталкивается через канал ствола, перекрываемый свинцовой гильзой, которой передается вся энергия расширяющейся пружины через упругую воздушную среду.

Существует несколько других хороших типов пневматических пистолетов, все из которых используют принципы, описанные выше.

САМОЗАКРЫВАЮЩИЙСЯ ДВЕРНОЙ УПОР

- еще одно интересное пневматическое устройство. Оно состоит из цилиндра с герметичным поршнем и штока поршня, проходящего через крышку на одном конце. Другой конец цилиндра шарнирно прикреплен к дверной раме. Когда дверца открыта, поршень сжимает пружину в цилиндре, и воздух поступает через кожаное кольцо на поршне в верхнюю часть цилиндра. Этот воздух удерживается кожаной обивкой чаши, когда дверца открывается, и медленно выходит через утечку, позволяя пружине медленно восстанавливать свою форму и с помощью штока поршня закрывать дверцу.

ДЕЙСТВИЕ ВЕТРА НА НАКЛОННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.

Почему воздушный змей взлетает? Почему лодка плывет против ветра? В обоих случаях мы можем ответить почти инстинктивно: "Потому что ветер отталкивает воздушного змея или парус в сторону". Однако стоит поискать более научный ответ. Воздушный змей не может двигаться по направлению ветра, потому что он ограничен веревкой. Но лицевая сторона так прикреплена к бечевке, что она наклонена под углом к направлению ветра. Теперь, когда сила сталкивается с наклонной поверхностью, которую она не может увлечь за собой, но которая может свободно перемещаться в другом направлении, силу можно рассматривать как распадающуюся на *две* силы, исходящие с каждой стороны от исходной линии. Они называются *составляющими* силы.

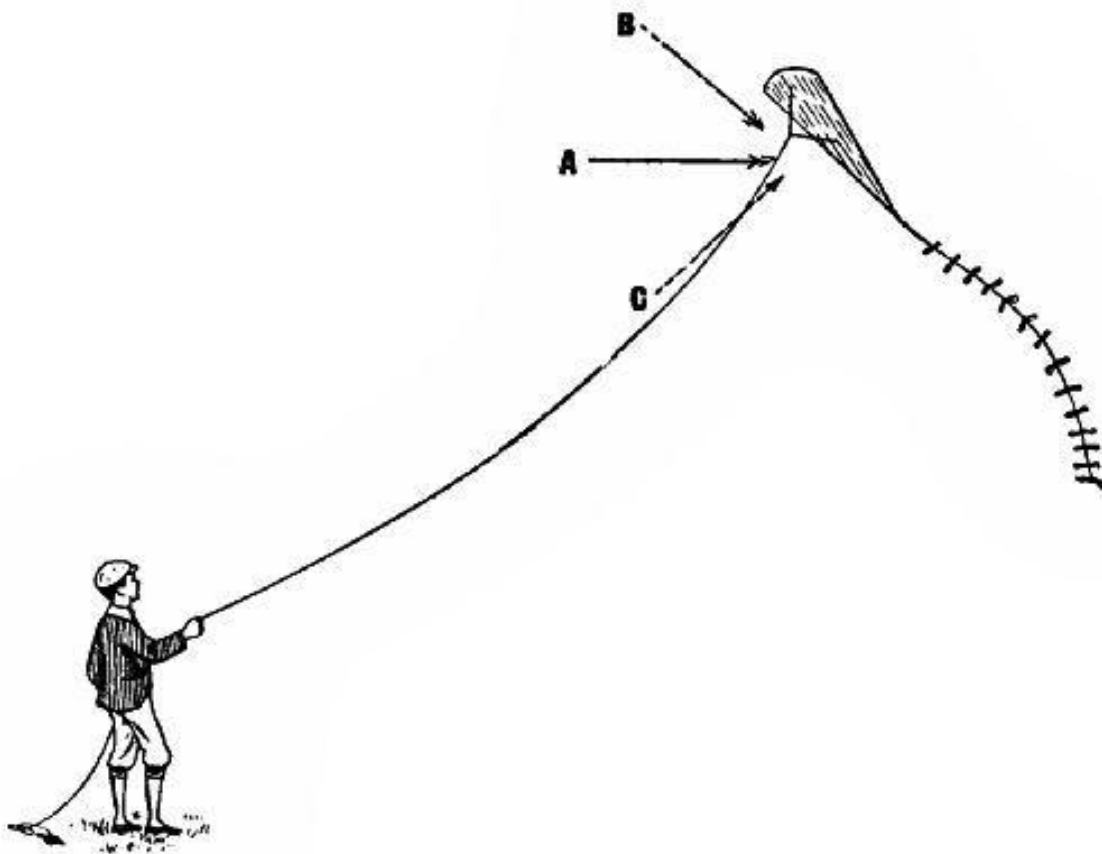


Рис. 169.

Чтобы объяснить это, приведем простой набросок воздушного змея в процессе полета (рис. 169). Ветер дует в направлении сплошной стрелки А. Наклонная поверхность воздушного змея делит его силу на две составляющие, обозначенные пунктирными стрелками В и С. Из них только С обладает подъемной силой для преодоления силы тяжести. Воздушный змей принимает положение, в котором сила С и сила тяжести уравновешивают друг друга.

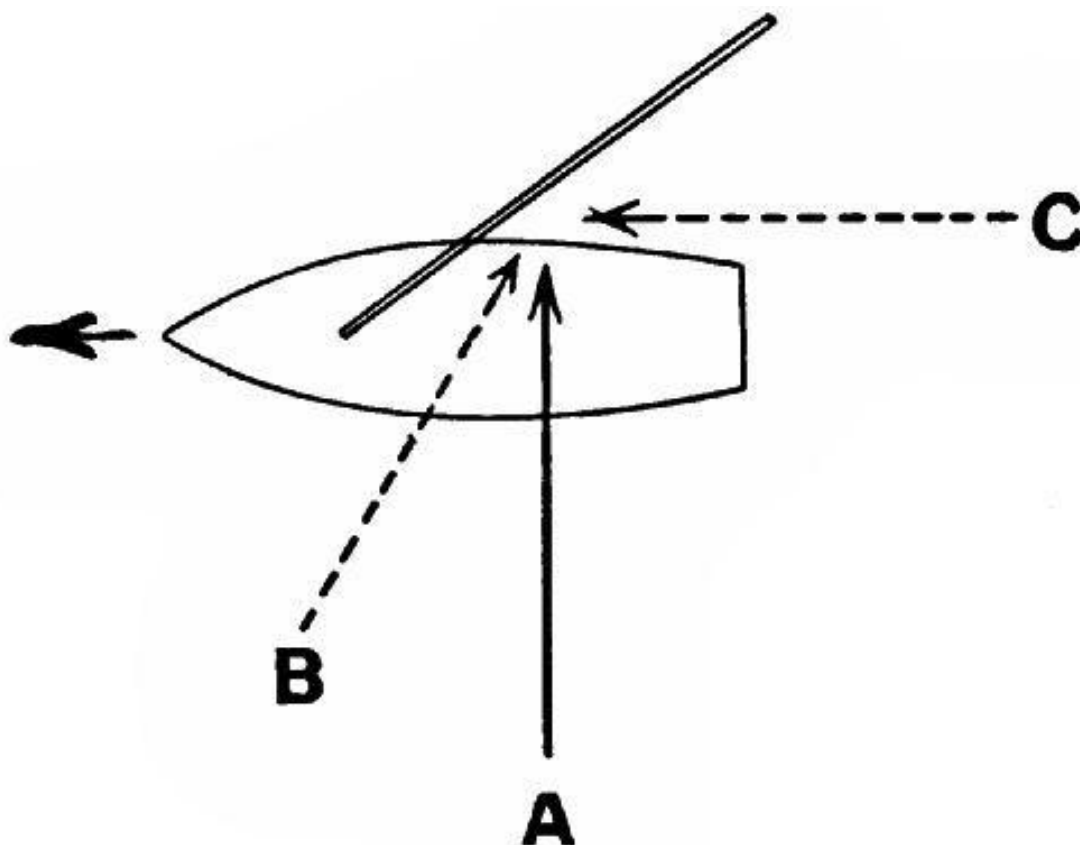


Рис. 170.

Аналогичным образом воздействуют на лодку, плывущую против ветра (рис. 170). Ветер бьет в парус наискось и отбросил бы его с подветренной стороны, если бы не противодействие воды. Сила А разделяется на силы В и С, из которых С приводит лодку в движение вдоль линии ее оси. Лодку можно заставить плыть даже "против" ветра, поворачивая ее носом до тех пор, пока не будет достигнута точка, в которой сила В, действующая на лодку, мачты и т.д., преодолевает силу С. Способность лодки плыть против ветра зависит от ее "линий" и площади поверхности, которую она открывает ветру.

ВОЗДУШНЫЙ ШАР

представляет собой грушевидный мешочек, обычно сделанный из шелка, наполненный каким—либо газом легче воздуха. Тенденция более тяжелого носителя вытеснить более легкий приводит к тому, что газ поднимается вверх, а вместе с ним поднимается мешок и плетеная тележка, прикрепленная к сети, окружающей мешок. Сужающаяся горловина на нижнем конце открыта, чтобы обеспечить свободный выход газа, поскольку атмосферное давление снаружи уменьшается с увеличением высоты. В верхней части мешка находится деревянный клапан, открывающийся внутрь, который можно опустить с помощью веревки, проходящей к нему через горловину, всякий раз, когда аэронавт пожелает выпустить газ для спуска. Он способен очень быстро сбегать, потянув за другой шнур, который находится в зависимости от "разрывного элемента" в верхней части сумки. В случае крайней необходимости его отрывают целиком, оставляя большую дыру. Перевозимый балласт (обычно песок) позволяет ему поддерживать состояние равновесия между восходящим действием газа и нисходящим действием силы тяжести. Чтобы опуститься, он выпускает газ, чтобы подняться, он выбрасывает балласт; и этот процесс можно повторять до тех пор, пока балласт не будет исчерпан. Наибольшей высоты, когда-либо достигнутый воздухоплаватель является $7\frac{1}{4}$ километров или 37 000 футов, гг. Глайшер и Коксуэлл на 5 сентября 1862 года. Подъем едва не стоил им жизни, так как на высоте около 30 000 футов они были частично

парализованы разрежением воздуха, и если бы мистер Коксвелл не смог потянуть зубами за веревку клапана и вызвать спуск, оба умерли бы от нехватки воздуха.

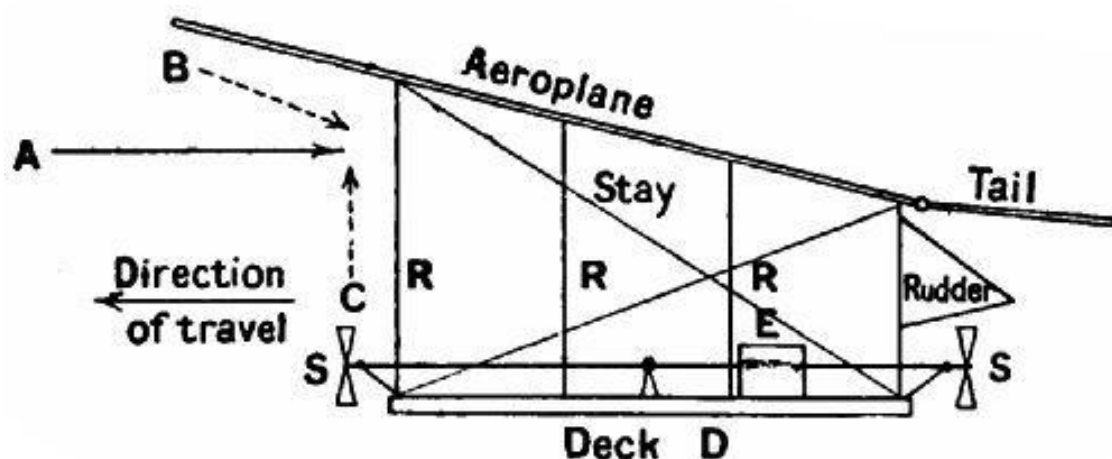


Рис. 171.

The *Летательный аппарат*, который научные инженеры так долго пытались создать, вероятно, будет совершенно независим от воздушных шаров и его подъемная способность будет зависеть от воздействия воздуха на наклонные поверхности. Экспериментальный воздушный корабль сэра Хайрема Максима воплотил в себе принципы, показанные на рис. 171. На палубе был установлен двигатель E, чрезвычайно мощный для своего веса. Это приводило в движение большие пропеллеры, S S. Большие самолеты из брезента, натянутого на легкие каркасы, были установлены над головой, передний конец немного выше заднего. Машина была установлена на направляющих, расположенных таким образом, чтобы предотвратить ее подъем. К сожалению, во время первого испытания произошел несчастный случай, который разрушил машину.

В реальном полете было бы необходимо иметь вертикальный руль направления для изменения горизонтального направления и горизонтальный "хвост" для управления вверх или вниз. Принцип действия самолета аналогичен принципу воздушного змея, с той разницей, что вместо того, чтобы движущийся воздух ударялся о захваченное тело, движущееся тело приводится в движение более или менее неподвижным воздухом. Распределение сил показано стрелками, как и раньше.

До настоящего времени не появилось ни одного практического летательного аппарата. Но экспериментаторы усердно работают, изучая условия, которые должны быть выполнены, чтобы человек мог претендовать на "господство в воздухе".

[34] "Романтика современного механизма", стр. 243

Глава XVIII.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ.

Сифон—Ковшовый насос— Нагнетательный насос—Самый замечательный насос— Кровеносные каналы—Течение крови—Гидравлический пресс—Бытовая водопроводная арматура—Шаровой кран—Счетчик воды—Системы водоснабжения—Бытовой фильтр— Газоуловители—Водяные двигатели—Сливоотделитель- "гидро".

В предыдущей главе мы видели, что давление атмосферы составляет 15 фунтов. на квадратный дюйм. Предположим, что к очень длинной трубке, имеющей площадь сечения в один квадратный дюйм, мы прикрепляем герметичный поршень (рис. 172) и помещаем нижний конец трубки в сосуд с водой. При подъеме поршня в трубке создавался бы вакуум, если бы давление атмосферы не заставляло воду подниматься в трубу позади поршня. Вода будет продолжать подниматься до тех пор, пока не достигнет точки в 34 фута перпендикулярно над уровнем воды в сосуде. Тогда колонка весила бы 15 фунтов и точно уравновешивала атмосферное давление, так что дальнейшее поднятие поршня не привело бы к дальнейшему повышению уровня воды. Таким образом, на уровне моря *подъемная* мощность насоса за счет всасывания ограничена 34 футами. На вершине высокой горы, где давление воздуха меньше, высота столба уменьшилась бы - фактически, была бы пропорциональна давлению.



Рис. 172.

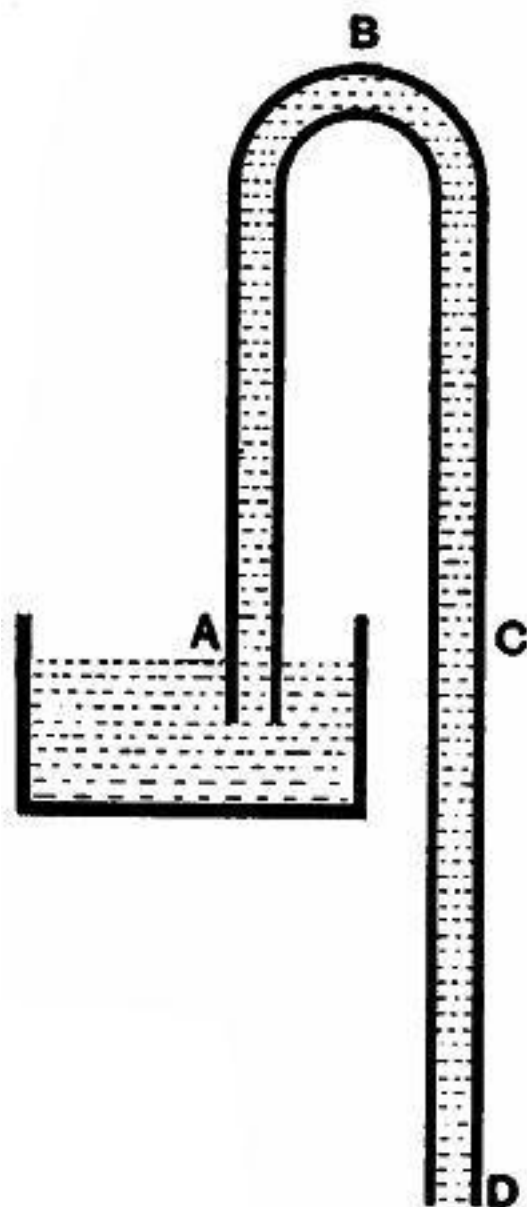


Рис.

173.

СИФОН

представляет собой интересное применение принципа всасывания. За счет собственного веса вода может подниматься на высоту, не превышающую 34 футов. Это объясняется на рис. 173. Сифонная труба, A B C D, в первую очередь заполняется всасыванием. Вес воды между A и B уравнивает вес воды между B и C. Но столб C D как бы подвешен к пяткам Bc и тянет ее вниз. Или, иными словами, колонна Bd, будучи тяжелее колонны Ba, вытягивает ее над самой верхней точкой сифона. Любое расхождение между колоннами, при условии,

что высота Ва не превышает 34 футов, невозможно, поскольку давление атмосферы на устье Ва достаточно для предотвращения образования вакуума.

КОВШОВЫЙ НАСОС.

Теперь мы можем перейти к самому распространенному виду насоса, используемого в домах, конюшнях, садах и т.д. (Рис. 174). В поршне имеется большое сквозное отверстие, над верхней частью которого шарнирно закреплен клапан. В нижней части цилиндра находится второй клапан, также открывающийся вверх, расположенный в верхней части подводящей трубы. На эскизе (а) выполняется первый штрих вверх. Под поршнем или плунжером образуется вакуум, и вода поднимается вверх по цилиндру, заполняя его. На следующей диаграмме (b) показан первый ход вниз. Плунжерный клапан теперь открывается и позволяет воде подниматься над поршнем, в то время как нижний закрывается под давлением воды сверху и притяжением воды снизу. Во время второго хода вверх (с) вода над поршнем поднимается до тех пор, пока не перельется через носик, в то время как снизу засасывается свежая.

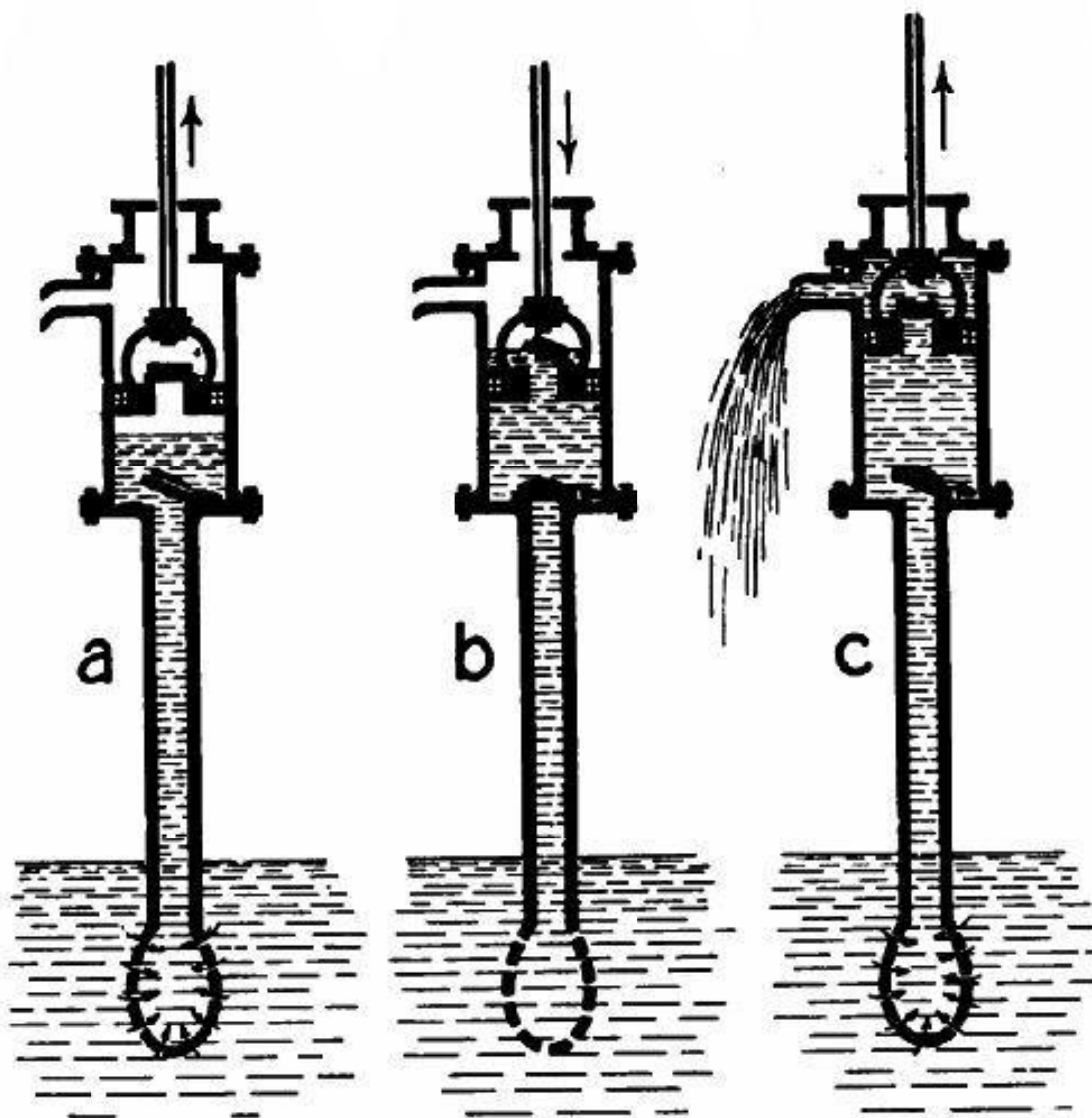


Рис. 174.

ПРИНУДИТЕЛЬНЫЙ НАСОС.

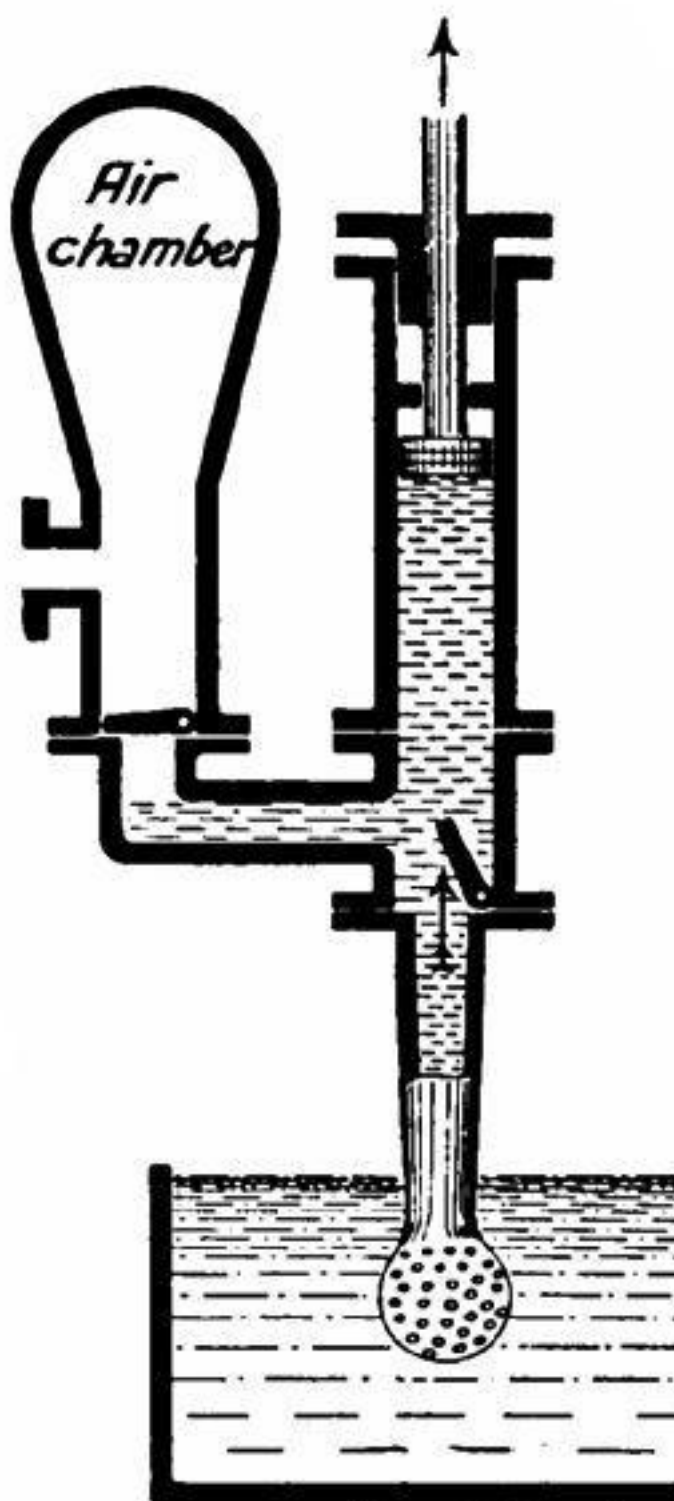


Рис. 175. Принудительный насос; ход всасывания.

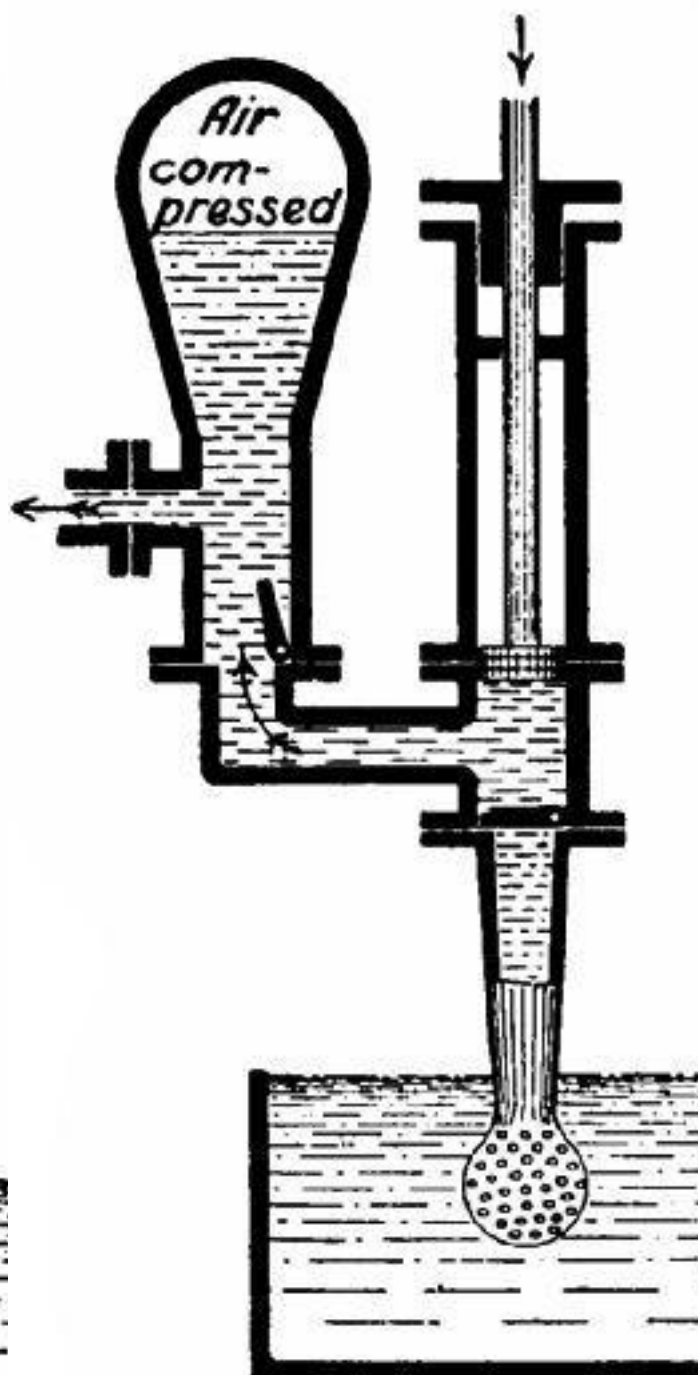


Рис. 176. Принудительный насос; ход подачи.

Для нагнетания воды до уровня, превышающего уровень насоса, требуется несколько иное устройство. Один из типов принудительного насоса показан на рис. 175, 176. Поршень теперь твердый, и верхний клапан расположен в нагнетательной трубе. При движении вверх этот клапан закрывается, а другой открывается; обратное происходит при движении вниз. Воздушная камера обычно устанавливается на подающем трубопроводе, когда требуется поднять воду на большую высоту или под высоким давлением. При каждом такте нагнетания

воздух в камере сжимается, поглощая часть нагрузки, оказываемой на воду в трубе водой, поступающей из насоса; и его расширение во время следующего такта нагнетания постепенно выталкивает воду вверх по трубе. Воздушная камера - очень характерная особенность пожарной машины.

На рис. 177 показан *принудительный насос двойного действия*, который совершает движение вверх. Здесь используются обе стороны поршня, и шток поршня работает через водонепроницаемую сальниковую коробку. Принцип действия насоса будет легко понятен из схемы.

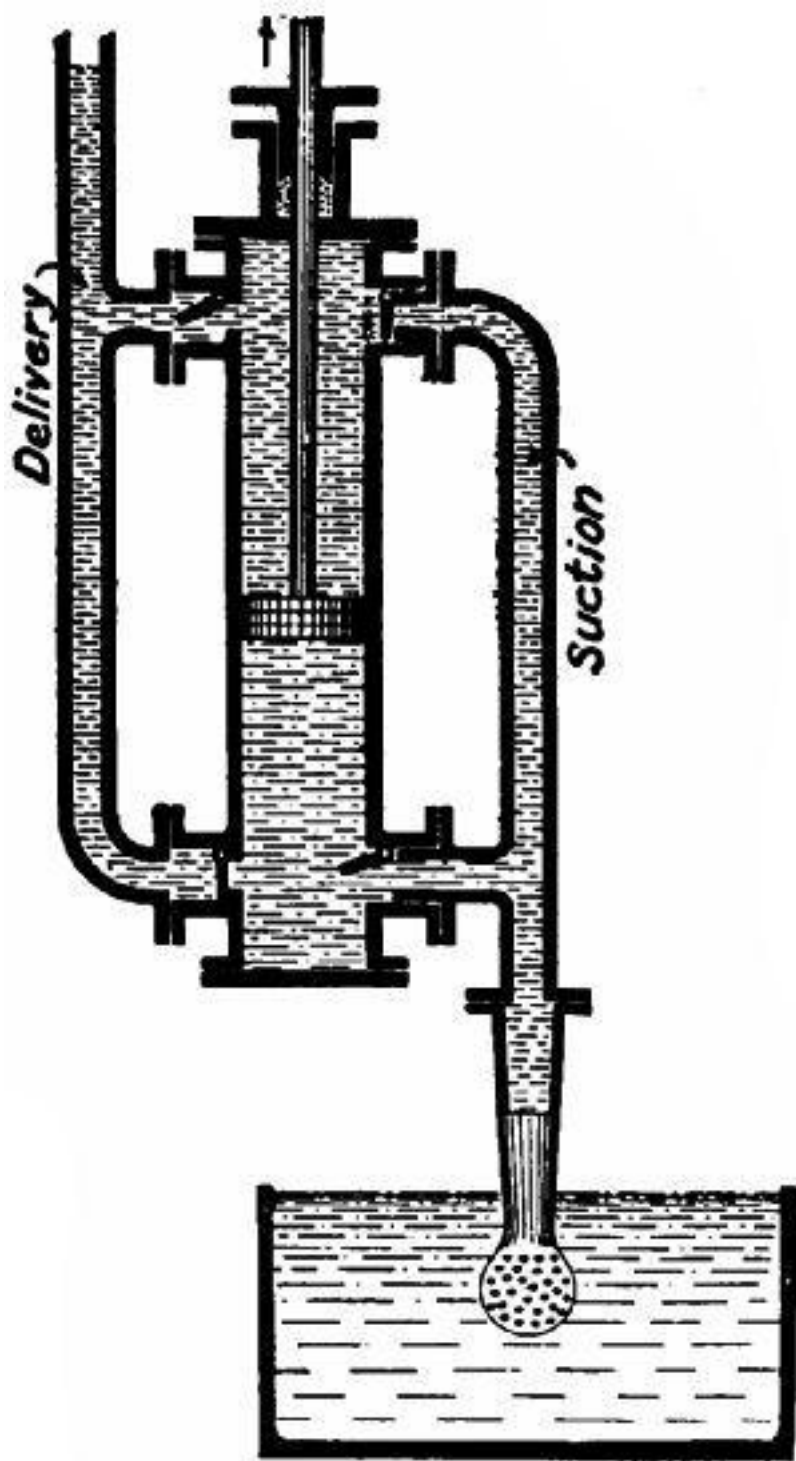


Рис. 177.

САМЫЙ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ НАСОС

известно сердце. На рис. 178 мы приводим схематический набросок системы кровообращения в организме человека, показывающий сердце, артерии и вены, большие и малые. Предполагается, что тело должно быть обращено к читателю, так что левое легкое и т.д. Находятся справа от него.

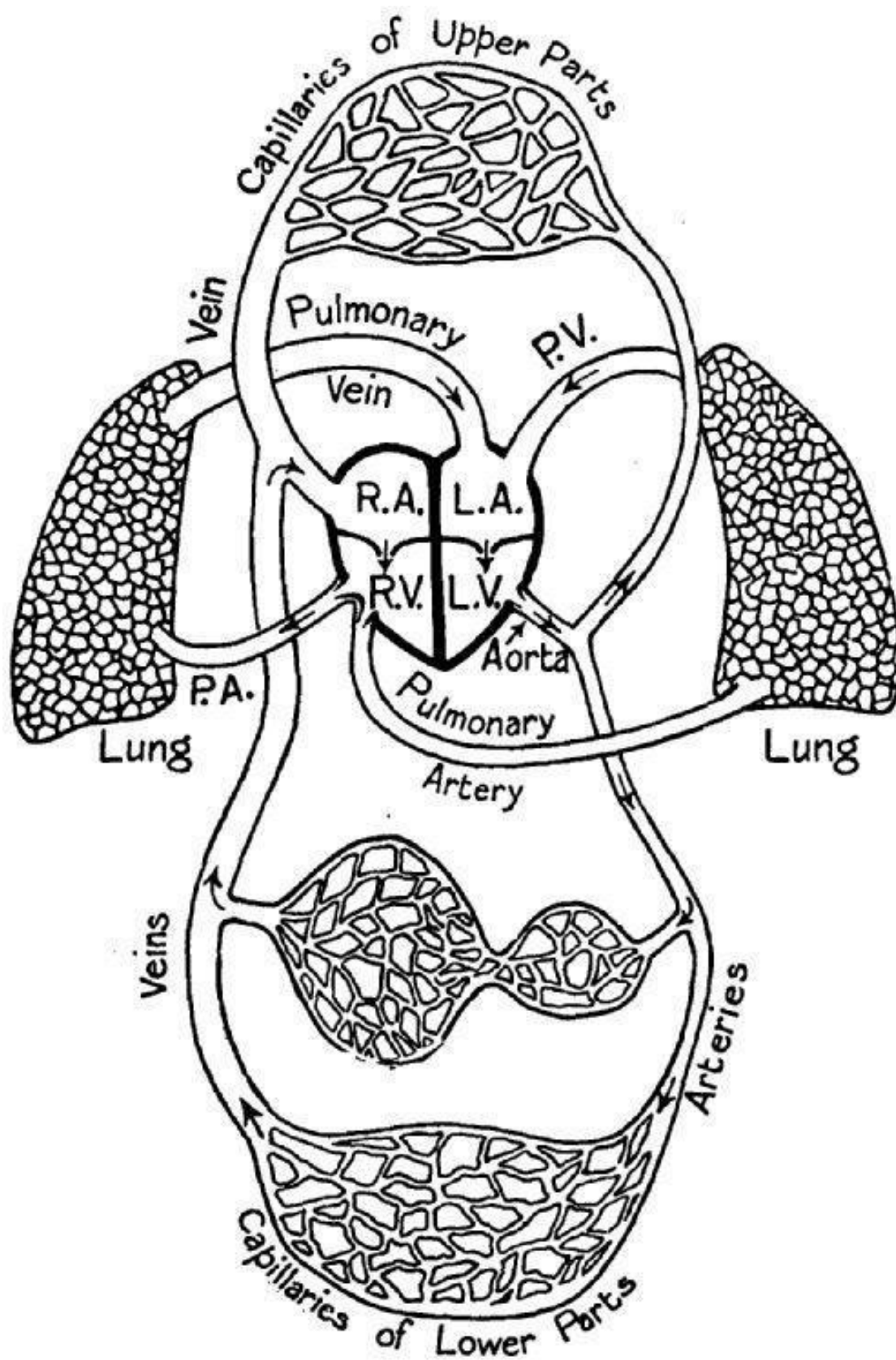


Рис. 178.—

схематическое изображение системы кровообращения.

Сердце, которое гонит кровь по телу, представляет собой большую мышцу (размером примерно со сжатый кулак) с четырьмя полостями. Они известны соответственно как правое и левое *предсердия*, а также правый и левый *желудочки*. Они расположены двумя парами, ушная раковина находится самой верхней и разделена мясистой перегородкой. Между каждым предсердием и его желудочком находится клапан, состоящий из прочных перепончатых створок со свободными краями, загнутыми вниз. Левосторонний клапан - это *митральный* клапан, а между правым предсердием и желудочком - *трехстворчатый* клапан. Края клапанов смыкаются, когда сердце сокращается, и препятствуют прохождению крови. У каждого желудочка есть второй клапан, через который он выбрасывает кровь. (Для удобства изображение правого желудочка было показано двойным.)

Действие сердца заключается в следующем: Предсердия и желудочки расширяются; кровь устремляется в предсердия из каналов, питающих их, и растягивает их и желудочки; предсердия сокращаются и заполняют желудочки внизу полностью (над предсердиями нет клапанов, но силы сокращения недостаточно, чтобы вернуть кровь в вены); желудочки сокращаются; митральный и трехстворчатый клапаны закрываются; клапаны, ведущие к артериям, открываются; кровь вытесняется из желудочков.

КРОВЕНОСНЫЕ КАНАЛЫ

бывают двух видов: (1) *артерии*, которые доставляют кровь в систему кровообращения; (2) *вены*, которые доставляют кровь обратно к сердцу. Артерии делятся на ветви, а те снова делятся на все более мелкие артерии. Самые маленькие, называемые *капиллярами* (лат. *capillus*, волос), представляют собой крошечные трубочки, имеющие средний диаметр 1/3000 дюйма. Они пронизывают каждую часть тела. Капиллярные артерии ведут к мельчайшим венам, которые соединяются, образуя все более крупные вены, пока не достигают того, что мы можем назвать основными потоками. Через них кровь поступает к сердцу.

Есть три основных отличия артерий от вен. Во-первых, более крупные артерии имеют толстые эластичные стенки и сохраняют свою форму даже при опорожнении. Эта эластичность выполняет функцию воздушной камеры принудительного насоса. Когда желудочки сокращаются, прогоняя кровь в артерии, стенки последних расширяются, и их сокращение равномерно продвигает кровь вперед без толчков. У капилляров очень тонкие стенки, так что жидкости проходят через них в организм и из него, питая его и выводя отходы жизнедеятельности. Все вены тонкостенные и при опорожнении разрушаются. Во-вторых, большинство вен снабжены клапанами, которые предотвращают неправильное течение крови. По принципу действия они аналогичны сердечным. Артерии не имеют клапанов. В-третьих, артерии, как правило, расположены глубоко, в то время как многие вены проходят вблизи поверхности тела. Особенно заметны вены на передней стороне руки. Положите на них большой палец и проведите им по направлению к запястью, и вы заметите, что вены расширяются из-за закрытия только что упомянутых клапанов.

Артериальная кровь *красная* и выходит из разреза глотками из-за сокращения эластичных стенок. Если перерезать вену, то *голубая* кровь течет постоянным потоком. Изменение цвета вызвано потерей кислорода при прохождении крови по капиллярам и поглощением углекислого газа из тканей.

The *Легкие* - два величайших очистителя крови. Циркулируя через них, он отдает поглощенный им углекислый газ и получает взамен чистый кислород. Если воздух в

помещении "загрязнен", кровь не получает необходимого количества кислорода. По этой причине нам рекомендуется держать окна наших комнат как можно более открытыми как днем, так и ночью. Усталость вызывается накоплением углекислого газа и других примесей в крови. Когда мы бежим, сердце перекачивает кровь через легкие быстрее, чем они успевают ее очистить, и в конце концов наши мышцы отравляются до такой степени, что нам приходится останавливаться от полного изнеможения.

ТЕЧЕНИЕ КРОВИ.

Капле крови требуется меньше минуты, чтобы пройти от сердца через всю систему и вернуться обратно к сердцу.

Мы можем кратко резюмировать ход циркуляции крови следующим образом: — Она выбрасывается из левого желудочка в *аорту* и главные артерии, откуда переходит в артерии меньшего размера, а оттуда в капилляры мозга, желудка, почек и т.д. Здесь он снабжает организм кислородом и поглощает загрязнения. Затем он поступает в вены и по ним течет обратно в правое предсердие; направляется в правый желудочек; выбрасывается в *легочные (легочные) артерии*; поступает в легкие и очищается. Он возвращается в левое предсердие через *легочные вены*; входит в левое предсердие, проходит в левый желудочек и так далее.

Здоровое сердце бьется от 120 ударов в минуту у годовалого младенца до 60 ударов в минуту у человека очень преклонного возраста. Нормальный ритм для взрослого человека среднего возраста составляет от 80 до 70 ударов.

Болезнь сердца означает неспособность сердечных клапанов закрываться должным образом. Кровь отходит назад, когда сердце сокращается, и кровообращение значительно ослабевает. Прослушивая через стетоскоп, врач может определить, в порядке ли клапаны. Шипящий звук во время удара указывает на утечку через клапаны; глухой удар или "клацанье" указывает на то, что они полностью закрываются.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС.

Характерной чертой жидкостей и газов является то, что при воздействии давления на любую часть массы любого класса тел оно передается равномерно и без уменьшения во всех направлениях и действует с одинаковой силой на все равные поверхности под прямым углом к этим поверхностям. Великий натурфилософ Паскаль первым сформулировал этот замечательный факт, простая иллюстрация которого приведена на рис. 179. Два цилиндра, А и В, с отверстиями в один и два дюйма соответственно, соединены трубой. Заливается вода и вставляются поршни, точно подходящие к цилиндрам и имеющие одинаковый вес. На поршень В помещается нагрузка в 10 фунтов. Чтобы предотвратить подъем А выше уровня В, его необходимо нагружать пропорционально. Площадь поршня А в четыре раза больше площади поршня В, так что, если мы положим на него груз весом в 40 фунтов, ни один поршень не сдвинется с места. Стенки цилиндров и соединительный патрубок также выдавливаются наружу в соотношении 10 фунтов. для каждой части их внутренней поверхности, площадь которой равна площади поршня В.

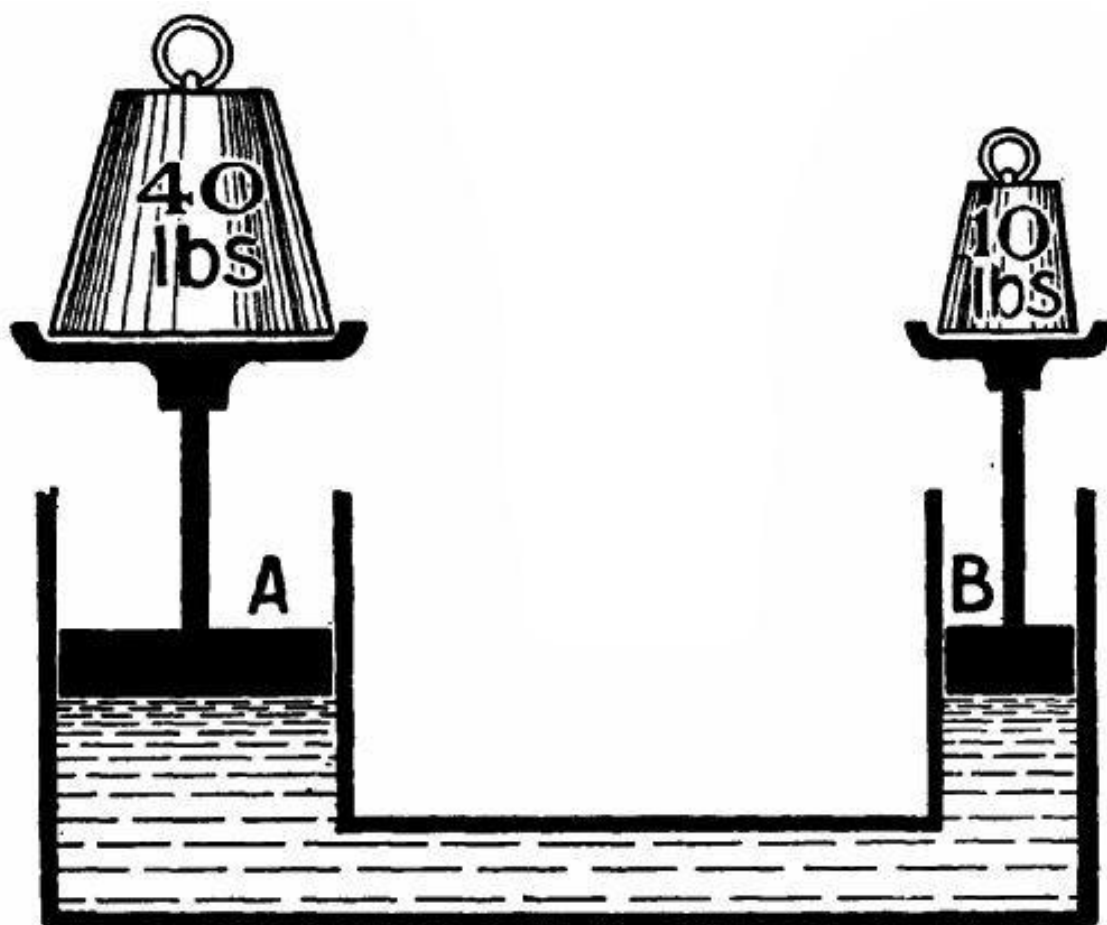


Рис. 179.

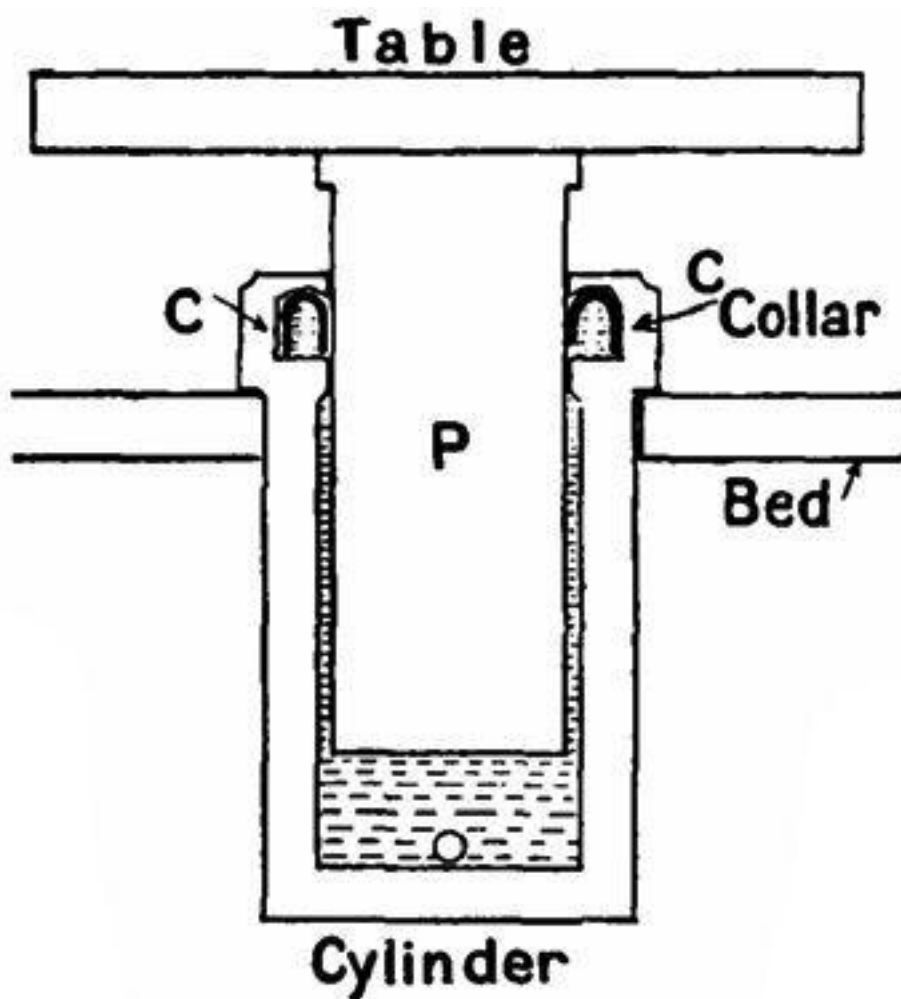


Рис. 180. Цилиндр и

плунжер гидравлического пресса.

Гидравлический пресс является применением этого закона. Цилиндр В представлен силовым насосом небольшого диаметра, способным подавать воду под очень высоким давлением (до 10 тонн на квадратный дюйм). Вместо А у нас есть прочный цилиндр с цельным поршнем Р (рис. 180), на котором установлен *стол*, на который помещается нажимаемый предмет. Брама, изобретатель гидравлического пресса, испытывал большие трудности с предотвращением утечки воды между верхней частью цилиндра и плунжером. Если бы использовалась "сальниковая" набивка того типа, который встречается в паровых баллонах, она не смогла бы удерживать воду, если бы не была закручена настолько туго, чтобы заклинить поршень. Он безуспешно перепробовал всевозможные способы; и его изобретение, каким бы превосходным оно ни было в принципе, казалось обреченным на провал, когда его бригадир Генри Модслей, [35] решил проблему простым, но самым виртуозным образом. Он вывернул углубление в горловине цилиндра в том месте, где раньше располагался сальник, и поместил в него кожаный хомут U-образного сечения (обозначен сплошным черным цветом на рис. 180) открытой стороной вниз. Когда вода достигала его, она раздвигала края, один прижимая к поршню, другой - к стенкам углубления, со степенью герметичности, пропорциональной давлению. При выпуске воды из цилиндра хомут сжимался, позволяя плунжеру опускаться без трения.

Принцип гидравлического пресса используется в подъемниках; в машинах для гибки, сверления и клепки стальных листов или для надевания колес на их оси или снятия с них; для

продвижения "бурового щита" туннеля; и для других целей, слишком многочисленных, чтобы упоминать.

БЫТОВАЯ АРМАТУРА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

Среди них наиболее часто используется кран, или кранчик. Когда дом обслуживается городским или районным водопроводом, администрация водопроводных сооружений обязана установить надлежащие краны на всех трубах, подсоединенных к водопроводу. Старомодный кран с пробкой непригоден для регулирования подачи воды под высоким давлением из-за внезапности, с которой он прекращает подачу. Чтобы у читателя не возникло сомнений относительно природы штепсельного крана, мы можем добавить, что он имеет сужающийся металлический конус, входящий в сужающееся гнездо. При вращении конуса до тех пор, пока отверстие в нем не окажется на одной линии с каналом крана, проходит вода. Кран закрывается на четверть оборота.

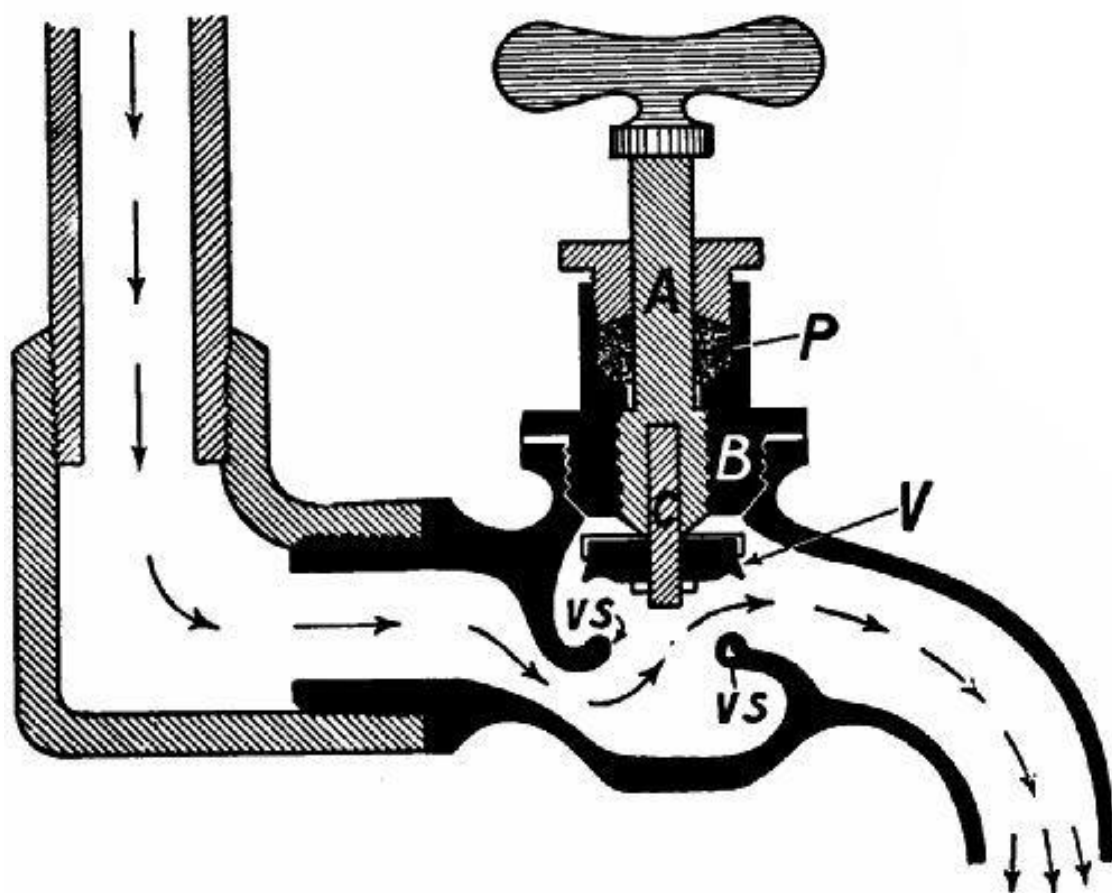


Рис. 181.—

Завинчивающийся водяной кран.

Его место занял завинчивающийся кран. Очень распространенная и эффективная схема показана на рис. 181. Клапан V с облицовкой из резины, кожи или какого-либо другого достаточно эластичного материала прикреплен к штифту C, который выступает вверх в шпindel A крана. На этом шпинделе имеется резьба, входящая в зацепление с хомутом B. При вращении шпинделя он поднимается или опускается, позволяя клапану покинуть посадочное место V S или прижимая его к себе. Уплотнитель P в горловине B предотвращает попадание воды вокруг шпинделя. Чтобы полностью открыть или закрыть кран, требуется несколько оборотов, которые нельзя выполнить достаточно быстро, чтобы вызвать "гидравлический удар" по трубам из-за внезапной остановки потока. Читатель легко поймет,

что если резко остановить воду, текущую со скоростью нескольких миль в час, то удар по несущим ее трубам должен быть очень сильным.

ШАРОВОЙ КРАН

используется для автоматической подачи воды в резервуар и предотвращения чрезмерного подъема воды в резервуаре (рис. 182). Вода поступает в резервуар через клапан, который открывается и закрывается пробкой, обтянутой резиной. Нижний край пробки сплюснен, в нем вырезано прямоугольное отверстие. Через него проходит рычаг L, прикрепленный одним концом к полой медной сфере, а другим - к корпусу клапана. Этот кожух имеет не совсем круглое сечение, поскольку по окружности выполнены две прорези, позволяющие воде свободно проходить вокруг пробки, когда клапан открыт. Плавучесть медного шара достаточна для того, чтобы прижать заглушку лицевой стороной вверх к посадочному месту при подъеме клапана и полностью перекрыть подачу при достижении определенного уровня. Если откачать воду, сфера опустится, клапан откроется, и потери будут восполнены.

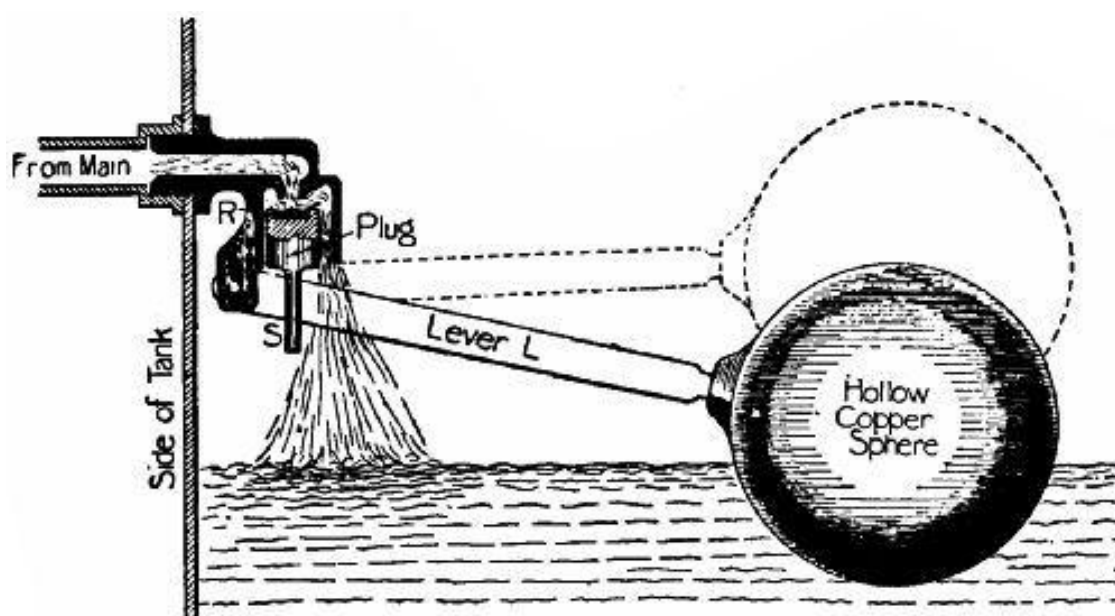


Рис.

182. Автоматический шаровой кран.

СЧЕТЧИК ВОДЫ.

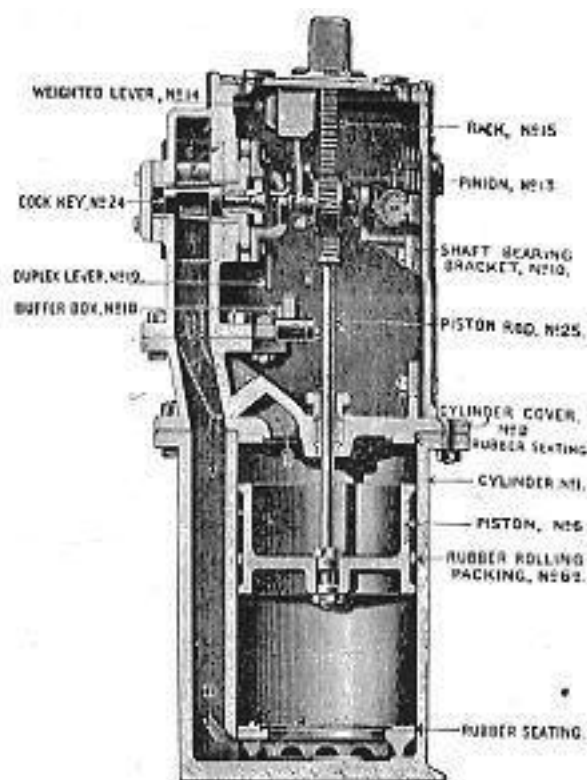


Рис. 183.

Некоторые потребители ежеквартально платят определенную сумму за право подачи воды, и водная компания разрешает им использовать столько воды, сколько им требуется. Другие, однако, предпочитают платить фиксированную сумму за каждую использованную тысячу галлонов. В таких случаях для учета расхода воды требуется счетчик. Мы прилагаем схему сечения запатентованного водомера Кеннеди (рис. 183), который очень широко используется. В нижней части находится измерительный цилиндр, оснащенный поршнем (6), который выполнен с возможностью перемещения с идеальной водонепроницаемостью и без трения посредством цилиндрического кольца из индийской резины, перекатывающегося между корпусом поршня и внутренней поверхностью цилиндра. Поршневой шток (25), пройдя через сальниковую коробку в крышке цилиндра, прикрепляется к рейке (15), которая зацепляется с зубчатым колесом (13), закрепленным на валу. При движении поршня вверх и вниз эта шестерня поворачивается сначала в одну сторону, затем в другую. К этому валу подсоединен механизм указателя (справа). Поворотный ключ (24) сконструирован таким образом, что при повороте на четверть оборота он может соединить любой конец измерительного цилиндра с подводящими трубами ([см. рис. 184](#)). Утяжеленный рычаг (14) свободно перемещается на валу шестерни по части окружности. Из шестерни выступают два плеча, по одному с каждой стороны рычага. Когда рычаг был поднят одним из них выше вертикального положения, он опускается под действием собственного веса на опору буферной коробки (18). При этом он ударяется о выступ на двустороннем рычаге (19), который соединен с заводным ключом, и поворачивает последний на четверть оборота.

Чтобы следить за работой счетчика, мы должны одновременно следить за рис. 183 и 184. Вода поступает из А, подводящей трубы. Он течет через кран вниз по каналу D в нижнюю половину цилиндра. Поршень поднимается, вытесняя находящуюся над ним воду через С в нагнетательный патрубок В. Как только поршень завершает свой ход, груз, поднятый реечной передачей, опрокидывается и ударяется о шпоночный рычаг, который он опускает вниз до упора в буферную коробку. Затем кран устанавливается под прямым углом к положению, показанному на рис. 184, и вода направляется от точки А вниз по С в верхнюю часть

цилиндра, толкая поршень вниз, в то время как вода, поступающая снизу во время последнего хода, выталкивается вверх по каналу D и выходит через выпускное отверстие В. Прежде чем поршень достигнет нижней части цилиндра, подъемник поднимет утяжеленный рычаг из буферной коробки и поднимет его в вертикальное положение; оттуда он упадет на правую рукоятку и вернет кран-ключ в его прежнее положение, готовый к использованию, чтобы начать еще одно движение вверх.

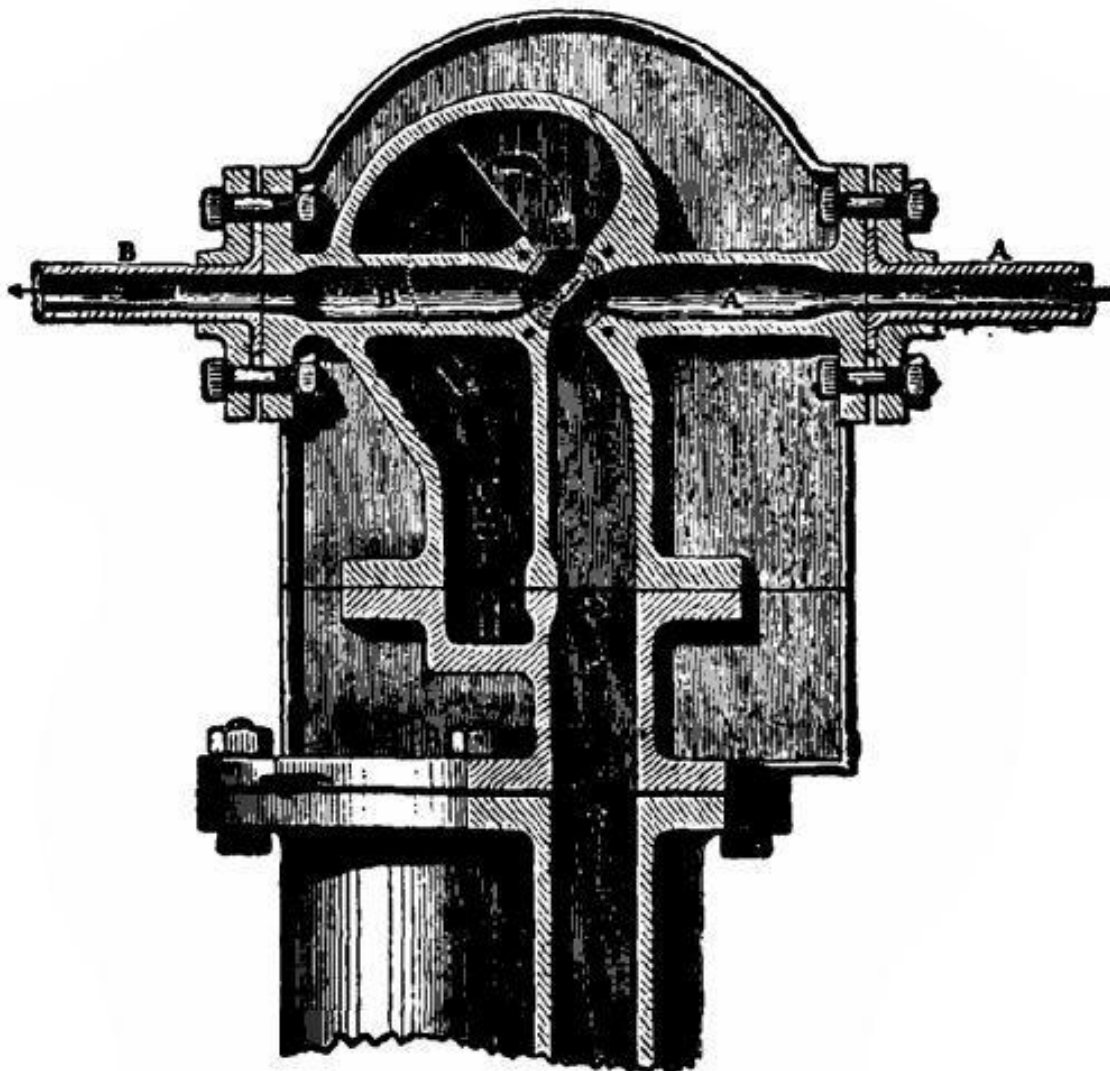


Рис. 184.

В указательном механизме учитывается тот факт, что коническое колесо на валу-шестерне меняет свое направление на обратное в начале каждого хода поршня. Этот скос входит в зацепление с двумя другими, свободно установленными на маленьком валу, на котором навинчена резьба для вращения колес указательного счетчика. Каждый из этих последних скосов приводит в действие вал с помощью храповика; но в то время как один поворачивает вал только по часовой стрелке, другой приводит его в зацепление при совершении оборота против часовой стрелки. В результате вал всегда поворачивается в одном и том же направлении.

СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

Вода для снабжения города или района берется либо из колодцев, либо из реки. В первом случае можно предположить, что она не содержит примесей. В последнем случае необходимо удалить все нежелательные и опасные вещества, которые в большей или меньшей степени всегда содержатся в речной воде. Эта очистка достигается путем

предварительного отвода воды в большие *отстойники*, где взвешенные вещества опускаются на дно. Затем вода отводится в *фильтрующие слои*, выполненные следующим образом. Дно покрыто толстым слоем бетона. На него укладываются параллельные ряды кирпичей на небольшом расстоянии друг от друга. Затем идет слой кирпичей или плиток, уложенных вплотную друг к другу; слой крупного гравия; слой более мелкого гравия; и толстый слой песка сверху. Песок задерживает любые твердые вещества в воде, когда они просачиваются в гравий и стекают вниз. Даже микробы, [36] микроскопических размеров, задерживаются, как только на поверхности песка образуется пленка грязи. Пока не образуется эта пленка, фильтр находится не в самом эффективном состоянии. Время от времени слой осушают, поверхностный ил и песок тщательно сливают, а на их место насыпают свежий песок. Хороший фильтрующий слой не должен пропускать более двух-трех галлонов в час на каждый квадратный фут поверхности, и поэтому он должен иметь большую площадь.

Иногда бывает необходимо пропускать воду через несколько слоев, расположенных террасами, прежде чем она станет достаточно чистой для питья.

БЫТОВОЙ ФИЛЬТР.

Когда есть какие-либо сомнения относительно качества воды, часто используется небольшой фильтр. В качестве заглушки для микробов обычно используют древесный уголь, песок, асбест или какую-либо обожженную глину. На рис. 185 мы приводим фрагмент фильтра Мейнена. R - резервуар для отфильтрованной воды; A собственно корпус фильтра; D коническая перфорированная рама; B оболочка из асбестовой ткани, прикрепленная сверху и снизу асбестовыми шнурами к D; C порошкообразный углерод, между которым и асбестом находится слой специальной химической фильтрующей среды. Перфорированный колпачок E покрывает углерод и предотвращает его потревоживание при заливке воды. Углерод задерживает более грубые формы вещества; асбест более мелкий. Асбестовая оболочка легко снимается и очищается при нагревании на огне.

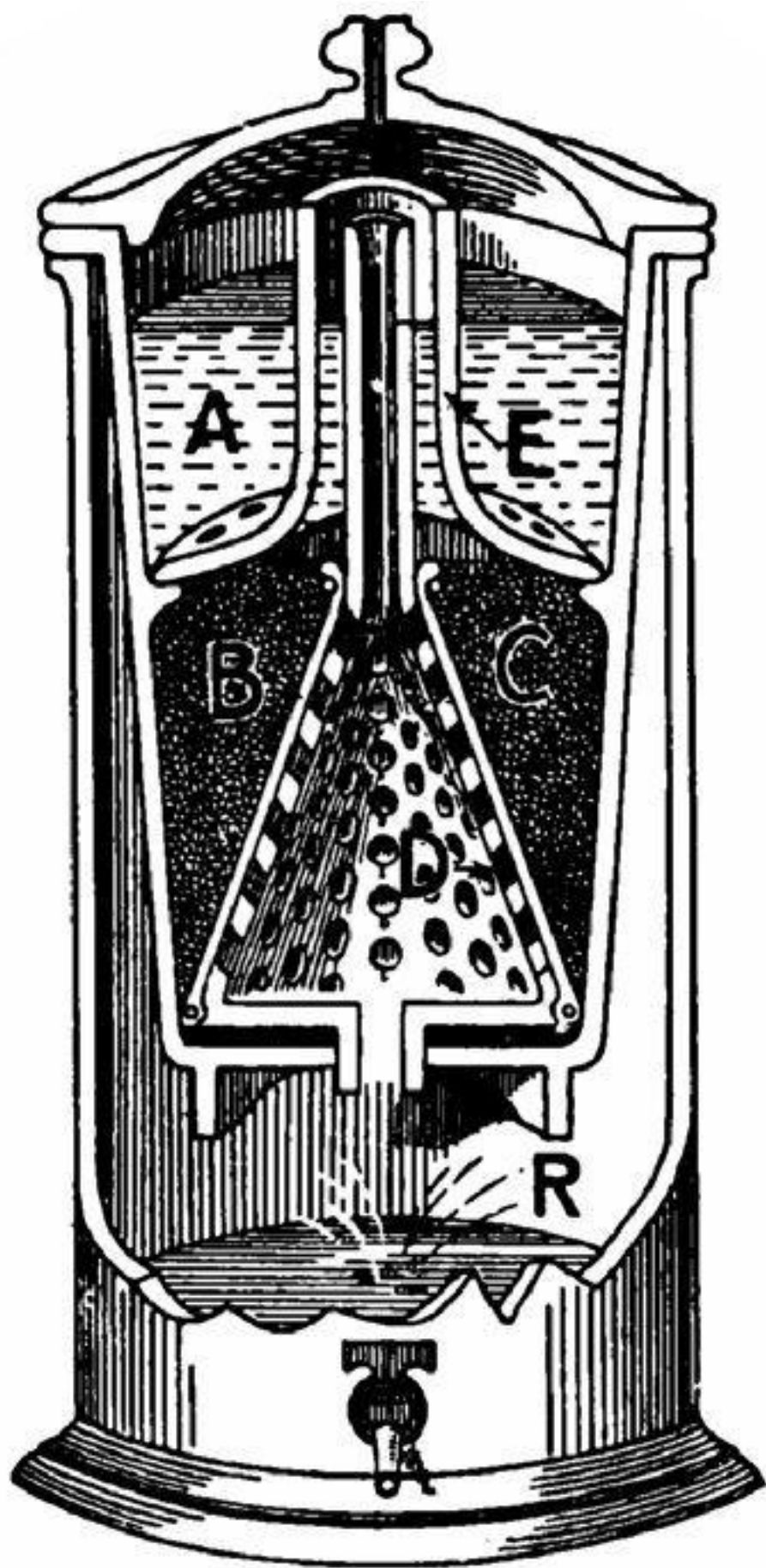


Рис. 185.

Наиболее полезной формой бытового фильтра является тот, который можно прикрепить к крану, соединенному с магистральным. Такой фильтр обычно изготавливают из фарфорового или бисквитного фарфора. Фильтр Berkefeld имеет внешний корпус из железа и внутреннюю полую фарфоровую "свечу", от которой трубка проходит через крышку фильтра к резервуару для хранения отфильтрованной воды. Вода из магистрали поступает во внешний корпус и просачивается через фарфоровые стенки во внутреннюю полость, а оттуда вытекает по нагнетательной трубе.

Независимо от типа используемого фильтра, его необходимо очищать через определенные промежутки времени. Загрязненный фильтр очень опасен для тех, кто пьет воду из него. Испытаниями было доказано, что неэффективный и загрязненный фильтр не только не очищает воду, но и пропускает воду с гораздо большим содержанием микробов, чем это было до ее поступления. Поэтому мы не должны думать, что, поскольку вода была отфильтрована, она обязательно безопасна. Слишком часто имеет место обратное.

ГАЗОВЫЕ ЛОВУШКИ.

Опасные микробы могут попасть в организм человека как через дыхание, так и через "пьянку". Каждое сообщение между домом и канализационными трубами должно быть самым тщательным образом "перекрыто". Принцип газоотвода, скажем, между кухонной раковиной и сливным отверстием для отвода воды, показан на рис. 186. В изгибе всегда остается достаточное количество воды, чтобы она поднималась выше уровня локтя, эффективно задерживая любой газ, который может быть в трубе за изгибом.

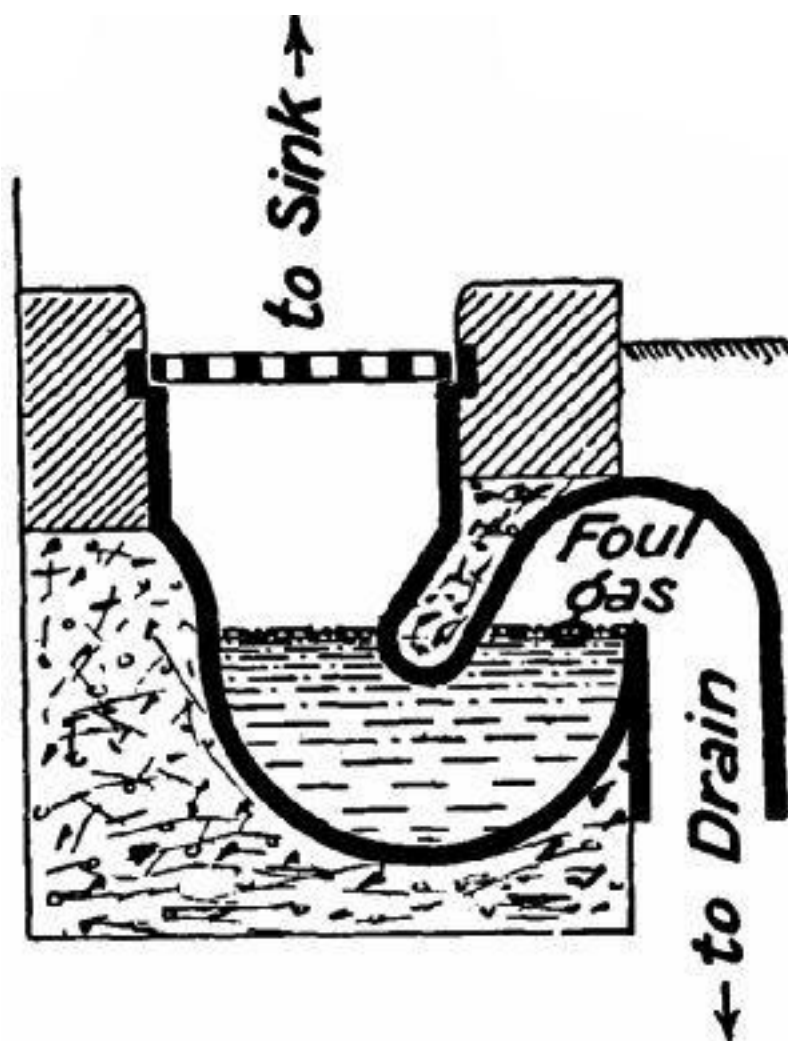


Рис. 186.Ловушка для загрязненного

воздуха.

ВОДЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

До изобретения паровой машины промышленность человека в значительной степени зависела от движущей силы ветра и текущей воды. Но когда младенец, вскормленный Уоттом и Стивенсоном, вырос в гиганта, оба этих природных агента были свергнуты с того важного поста, который они когда-то занимали. Ветряные мельницы в состоянии упадка венчают многие вершины наших холмов, а водяное колесо, которое раньше приносило богатство мельнику, теперь гниет в своих креплениях в конце плотины. За исключением перекачки и перемещения лодок и кораблей, ветроэнергетика утратила свое значение. Ее количество и качество слишком неопределенны, чтобы найти место в современной экономике. С другой стороны, водная энергетика получила новую жизнь благодаря изобретению машин, сконструированных с научной точки зрения таким образом, чтобы использовать гораздо больше энергии воды, чем это было возможно при использовании старомодного колеса.

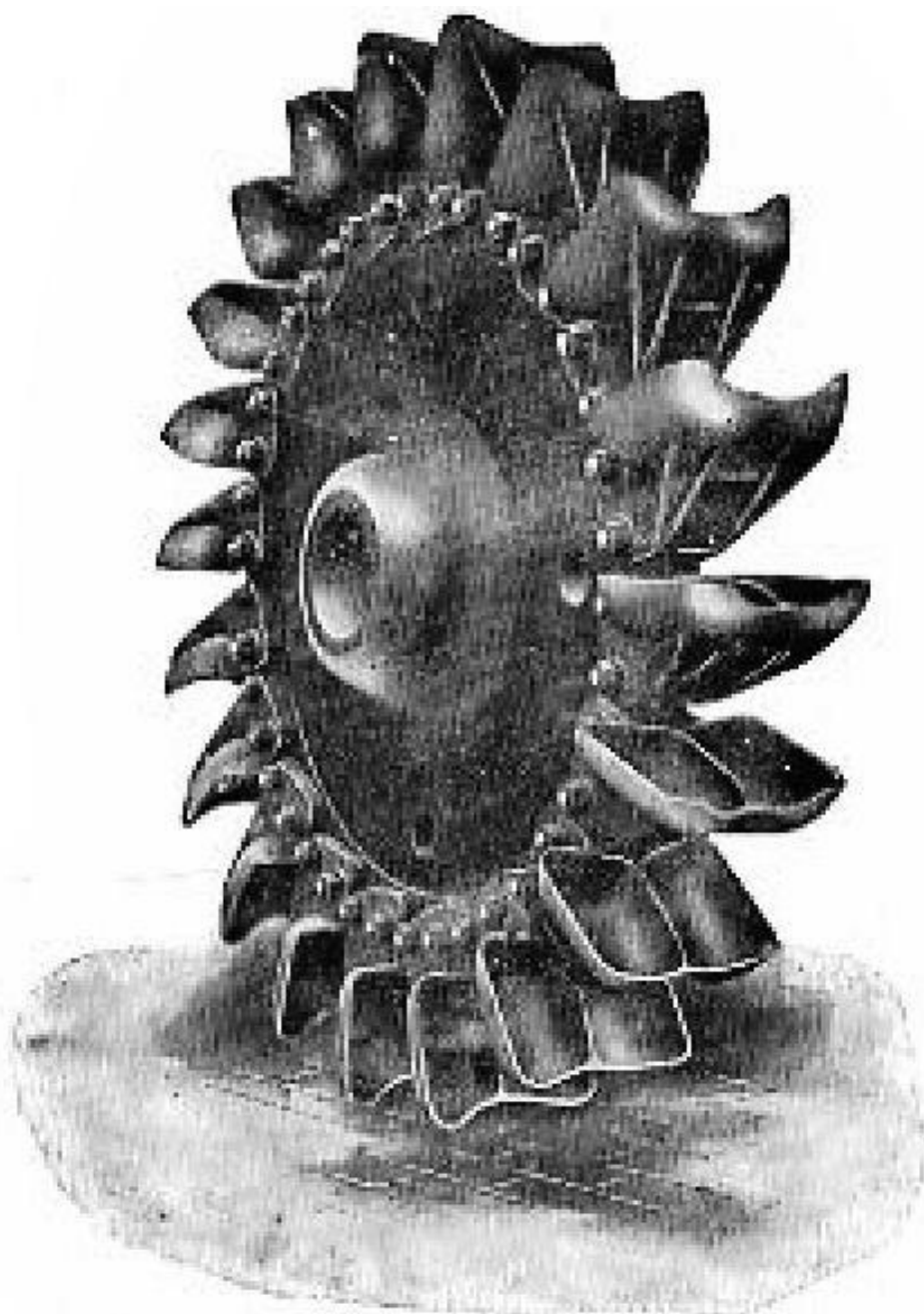


Рис. 187.

Колесо Пелтона, развивающее 5000 лошадиных сил. Обратите внимание на форму двойных ведер.

Турбина, о которой мы уже говорили в нашей третьей главе, в настоящее время является излюбленным гидравлическим двигателем. Некоторые водяные турбины работают по тому же принципу, что и паровая турбина Парсонса; другие напоминают Де Лавалья. Среди последних первое место занимает колесо Пельтона. Благодаря любезности производителей мы можем предоставить некоторые интересные детали и иллюстрации этого устройства.

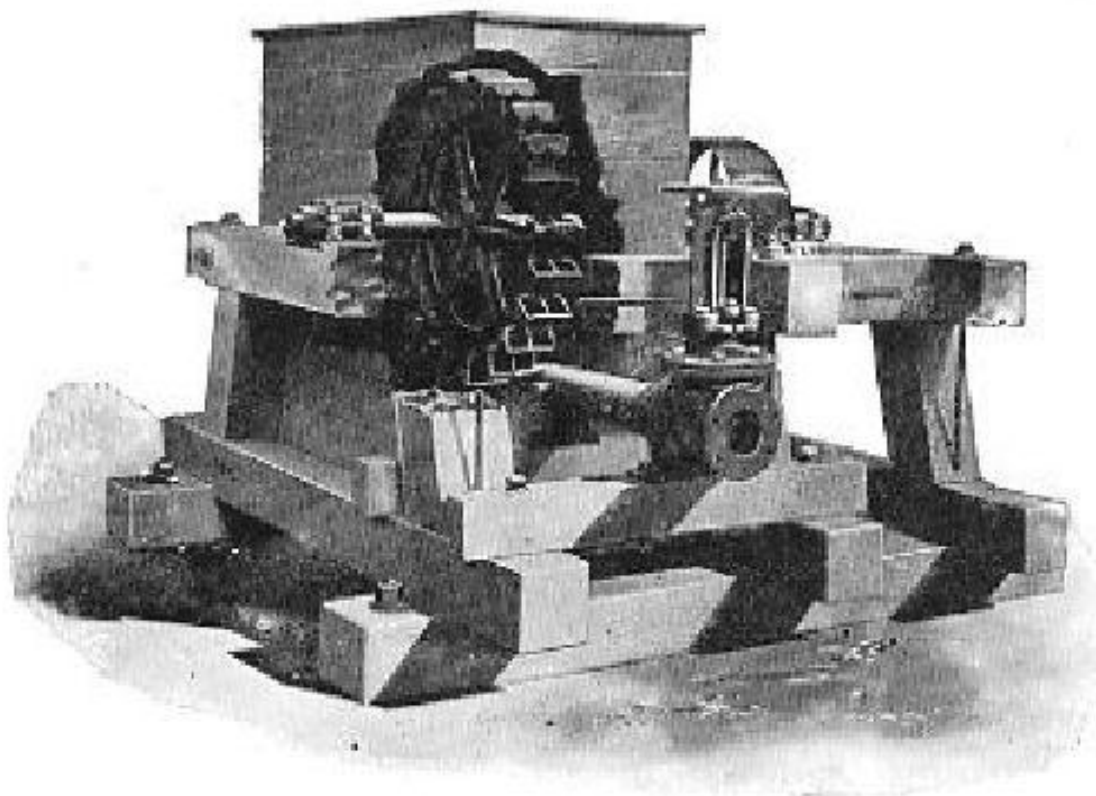


Рис. 188.—

Установлено колесо пелтона с установленной форсункой.

Колесо, которое может быть любого диаметра от шести дюймов до десяти футов, имеет выступающие наружу выступы, установленные через равные промежутки времени по окружности. Каждый ковш, как видно из нашей иллюстрации огромного колеса мощностью 5000 л.с. (рис. 187), состоит из двух чаш. Форсунка расположена таким образом, чтобы направлять воду на ведра как раз в тот момент, когда они достигают нижней точки оборота (см. [рис. 188](#)). Вода попадает в ведро на перегородку между двумя чашками, которая поворачивает ее вправо и влево вокруг внутренней стороны чашек. Изменение направления передает энергию воды колесу.

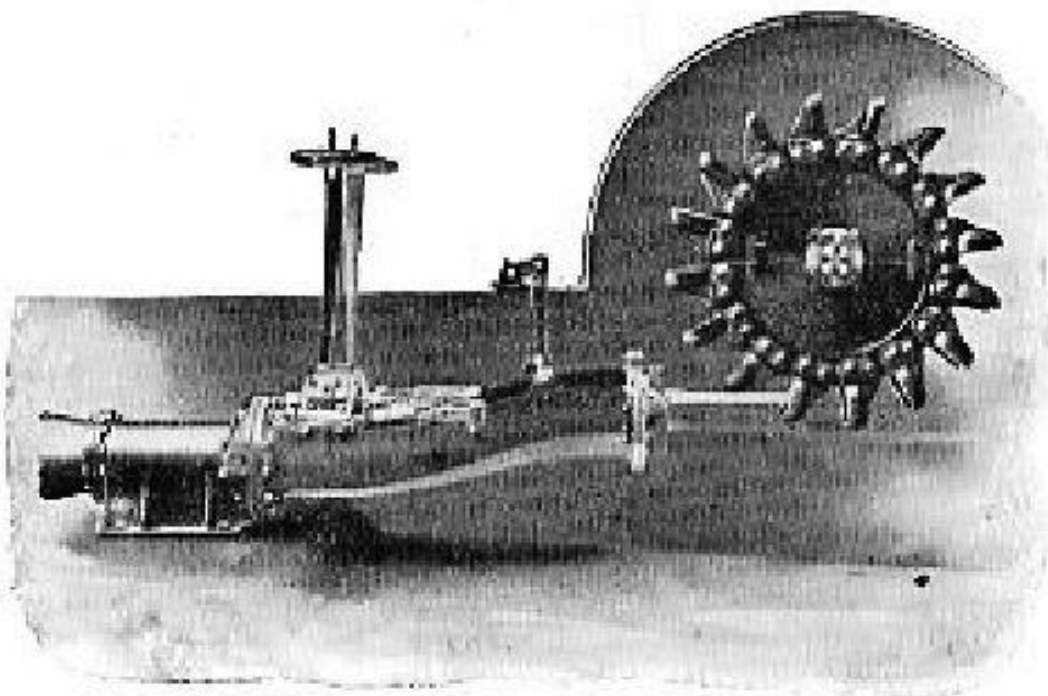


Рис.

189. Регулятор частоты вращения колеса Пелтона.

Скорость вращения колеса может автоматически регулироваться отклоняющим соплом (рис. 189), которое имеет шаровой шарнир, позволяющий поднимать или опускать его с помощью центробежного регулятора, таким образом, отбрасывая струю на ковши или с них. Следовательно, мощность колеса увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения нагрузки, и поддерживается постоянная скорость вращения. Когда необходимо расходовать как можно меньше воды, внутри форсунки может быть установлена концентрическая коническая игла. Когда насадка находится в самом верхнем положении, кончик иглы отводится; по мере опускания насадки игла выступает, постепенно уменьшая площадь выхода из насадки.

Колеса Pelton предназначены для работы на любых скоростях и использования воды любого давления. В Маниту, штат Колорадо, установлена установка из трех колес, приводимых в действие водой, которая выходит из форсунки под огромным давлением 935 фунтов. на квадратный дюйм. Интересно отметить, что струи воды под очень высоким давлением оказывают поразительное сопротивление любым попыткам изменить их направление. Трехдюймовую струю воды весом 500 фунтов невозможно пробить ударом лома.

Чтобы получить достаточное давление для работы гидравлических механизмов в шахтах, на заводах и т.д., воду часто отводят на многие мили по желобам или искусственным каналам вдоль склонов долин от источника подачи до точки, в которой она должна быть использована. К тому времени, когда достигается эта точка, разница между уклонами желоба и дна долины приводит к разнице в высоте в несколько сотен футов.

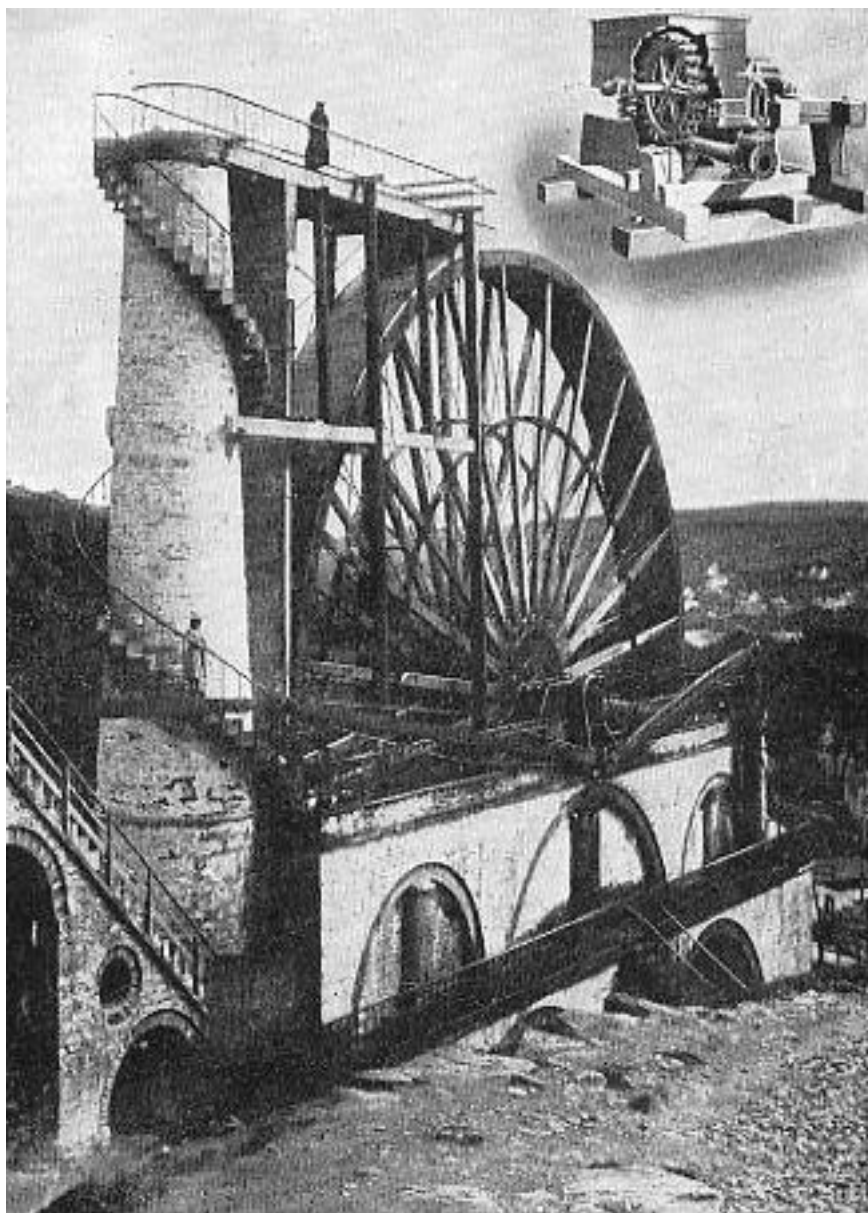


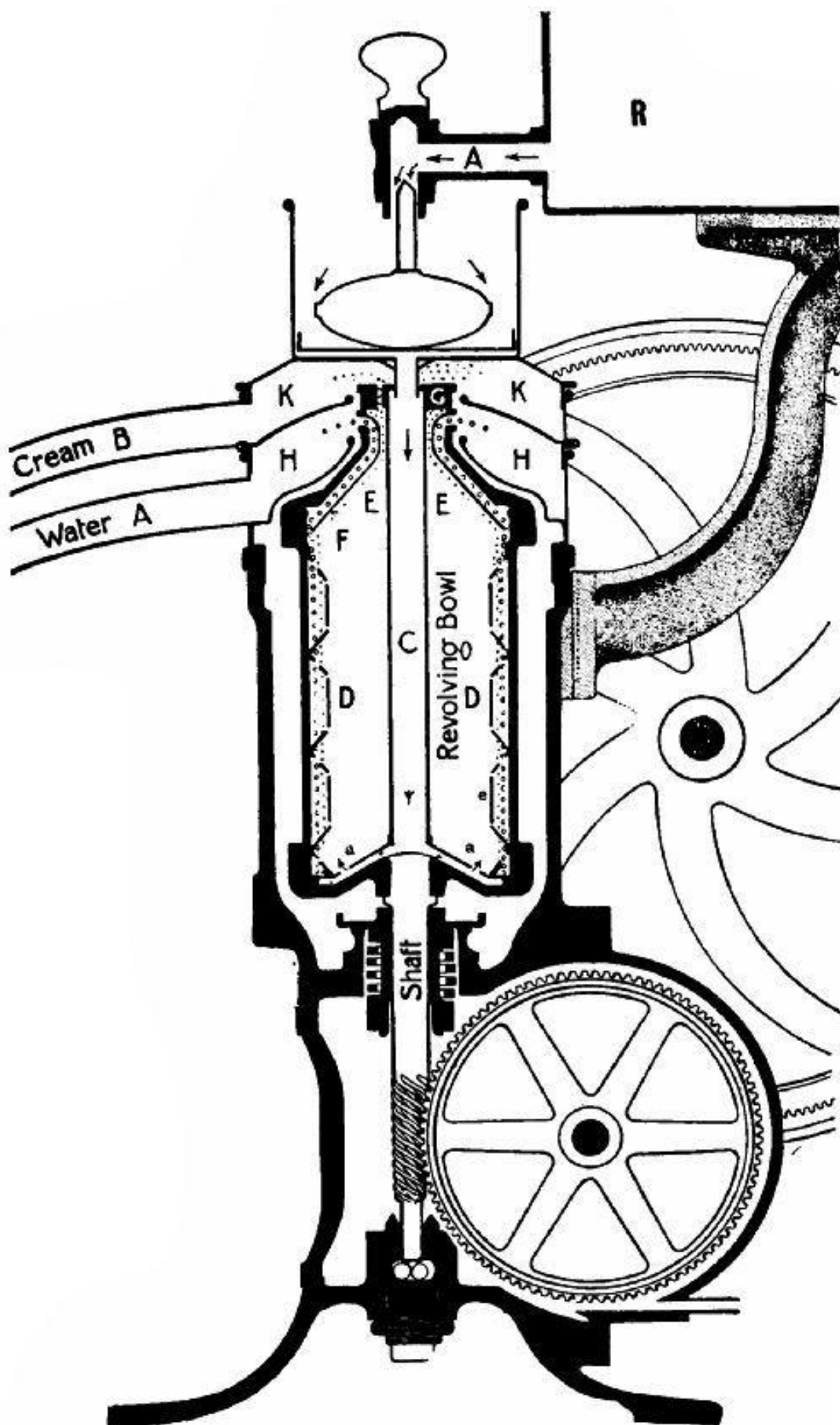
Рис. 190. Водяное колесо Лакси, остров Мэн. В правом верхнем углу находится колесо Пелтона соответствующего размера, необходимое для выполнения того же объема работы с тем же расходом воды при том же давлении.

Иллюстрация во всю страницу на [стр. 380](#) является ярким свидетельством замечательного прогресса, достигнутого в инженерной практике за последние пятьдесят лет. Огромное водяное колесо, составляющее основную часть картины, находится в Лакси, на острове Мэн. Он имеет 72 с половиной фута в диаметре и, как предполагается, развивает мощность в 150 лошадиных сил, которая передается на несколько сотен футов с помощью деревянных стержней, установленных через равные промежутки времени. Передаваемая таким образом мощность приводит в действие систему насосов в свинцовой шахте, поднимающих 250 галлонов воды в минуту на высоту 1200 футов. Движущаяся вода подводится на некоторое расстояние к колесу по подземному трубопроводу и под давлением поднимается по каменной башне, переливаясь через верх в ведра по окружности колеса.

Небольшой вырез в верхнем углу представляет колесо Пелтона, нарисованное в том же масштабе, которое при равном количестве воды и одинаковом давлении развило бы ту же мощность, что и Laxeу monster. Рядом с гигантом другой кажется просто игрушкой.

СЕПАРАТОР СЛИВОК.

В 1864 году Дания вступила в войну с Германией и вышла из короткой борьбы, лишившись провинций Лауэнбург, Гольштейн и Шлезвиг. Потеря двух последних, самых красивых и плодородных районов королевства, была поистине тяжелой. Датский король теперь правил только землей, состоящей в основном из вересковых пустошей, болот и дюн, явно непригодных для каких-либо целей. Но датчане с достойным восхищения мужеством вступили во вторую борьбу, на этот раз с природой. Они строили автомобильные и железные дороги, рыли ирригационные каналы и сажали лесные деревья; и таким образом постепенно превратили большие участки того, что раньше было бесполезной страной, в ценное имущество. Поскольку сельское хозяйство находилось в сильном упадке из-за низких цен на кукурузу, они затем обратили свое внимание на улучшение молочного животноводства. Были внедрены всевозможные трудосберегающие машины, но нет ничего более важного, чем устройство для отделения жирной части молока от водянистой. Не будет преувеличением сказать, что сепаратор в значительной степени ответственен за нынешнее процветание Дании.



Секция сливкоотделителя.

Как это работает? спрашивает читатель. Центробежная сила[37] является управляющим принципом. Объяснить ее применения мы добавляем секционный иллюстрации (фиг. 191) гг. Ручной-мощность Бурмейстер и Вайн в сепаратор, который может быть в целом представителем этого класса машин. Внутри круглого корпуса находится цилиндрическая чаша D, установленная на валу, который может вращаться 5000 раз в минуту с помощью зубчатых колес и нарезанного на нем винта у нижнего конца. Молоко вытекает из резервуара R (опирающегося на прочный рычаг) через кран A в небольшой распределитель в верхней части сепаратора, а из него капает в центральную трубку C чаши. Падая на дно, он выбрасывается наружу центробежной силой, находит выход вверх через отверстия *a a* и поднимается вверх по перфорированной решетке *e*, поверхность которой представляет собой ряд пирамидальных наростов, и, наконец, достигает внутренней поверхности самого барабана. Скорость вращения настолько велика, что более тяжелые порции молока, то есть водянистые, скапливаются в точке, наиболее удаленной от центра, и не дают более легким жировым частицам соприкоснуться со стенками барабана. На диаграмме вода представлена маленькими кружочками, сливки - маленькими крестиками.

По мере того, как в барабан поступает все больше молока, оно выталкивает вверх то, что там уже есть. Крышка барабана имеет внутреннюю оболочку F, которая в нижней части *почти касается* стенки барабана. Расстояние между ними - едва заметная щель; но сливки отклоняются за пределы F в пространство E и выходят через отверстие диаметром в одну шестнадцатую дюйма, перфорирующее пластину G. Сливки выбрасываются в пространство K и вытекают струйкой из носика B, в то время как вода попадает в пространство H и вытекает струйкой через носик A.

"ГИДРО".,

используется в прачечных для отжима одежды под действием центробежной силы, имеет прочный внешний корпус и внутреннюю перфорированную цилиндрическую клетку, вращаемую с высокой скоростью вертикальным валом. Мокрая одежда помещается в клетку, и машина запускается. Вода выходит через перфорационные отверстия и стекает по боковой стороне корпуса в сливное отверстие. Через несколько минут одежда достаточно высыхает для глажки. Центробежная сила настолько велика, что она прилипает к стенкам клетки, и при ее извлечении требуется осторожность.

[35] Изобретатель суппорта токарного станка.

[36] Живые микробы; некоторые разновидности являются причиной заболевания.

[37] То есть силы, убегаящие из центра. Вода, попавшая на вращающийся волчок, устремляется к окружности и отбрасывается под прямым углом к линии, проведенной от точки разделения к центру волчка.

Глава XIX.

ОТОПЛЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.

Подача горячей воды—Система резервуаров—Система баллонов—Принцип работы лампы—Газ и газовые работы—Автоматическое розжигание—Газовый регулятор—Газовый счетчик—Газовое освещение с лампами накаливания.

ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.

В настоящее время ожидается, что хорошо оборудованный дом будет содержать эффективное оборудование для подачи большого количества горячей воды в любое время суток. В кухонном бойлере и трубах, которые сантехнику и его помощникам иногда приходится осматривать и чинить, мало романтики, но методы обеспечения надлежащей циркуляции горячей воды по дому достаточно важны и интересны, чтобы обратить на них внимание на этих страницах.

В домах среднего размера отопление обеспечивает кухонная плита. Наиболее часто используются две системы хранения и распределения нагретой воды: (1) Система резервуаров; (2) система баллонов.

СИСТЕМА РЕЗЕРВУАРОВ

схематично показано на рис. 192. Котел расположен в задней части плиты, и когда открывается "заслонка", огонь и горячие газы проходят под ней в дымоход, ведущий к дымоходу. Почти кипящая вода поднимается в верхнюю часть котла, а оттуда по *подающей трубе* попадает в резервуар для горячей воды А, вытесняя оттуда несколько более холодную воду, которая по *возвратной трубе* опускается в нижнюю часть котла.

Вода отводится из проточной трубы. Эта труба проходит на некоторое расстояние через дно А, так что сначала можно откачать самую горячую часть содержимого. Резервуар, расположенный на крыше и питаемый от магистрали с помощью шарового крана, сообщается с А через сифонную трубу S. Изгиб этой трубы предотвращает подъем горячей воды, которая не может проникнуть в воду более холодную, чем она сама. Сверху *расширительная труба* поднимается вверх и поворачивается над резервуаром для холодной воды для выпуска пара, который может образовываться в котле.

Водяной радиатор для обогрева дома может быть подсоединен к приточному и обратному трубопроводам, как показано на рисунке. Поскольку он открывает "короткое замыкание" для циркуляции, вода в резервуаре выше не будет так хорошо нагреваться во время его работы. Если на трубах радиатора установлены краны, то количество отводимого таким образом тепла можно регулировать.

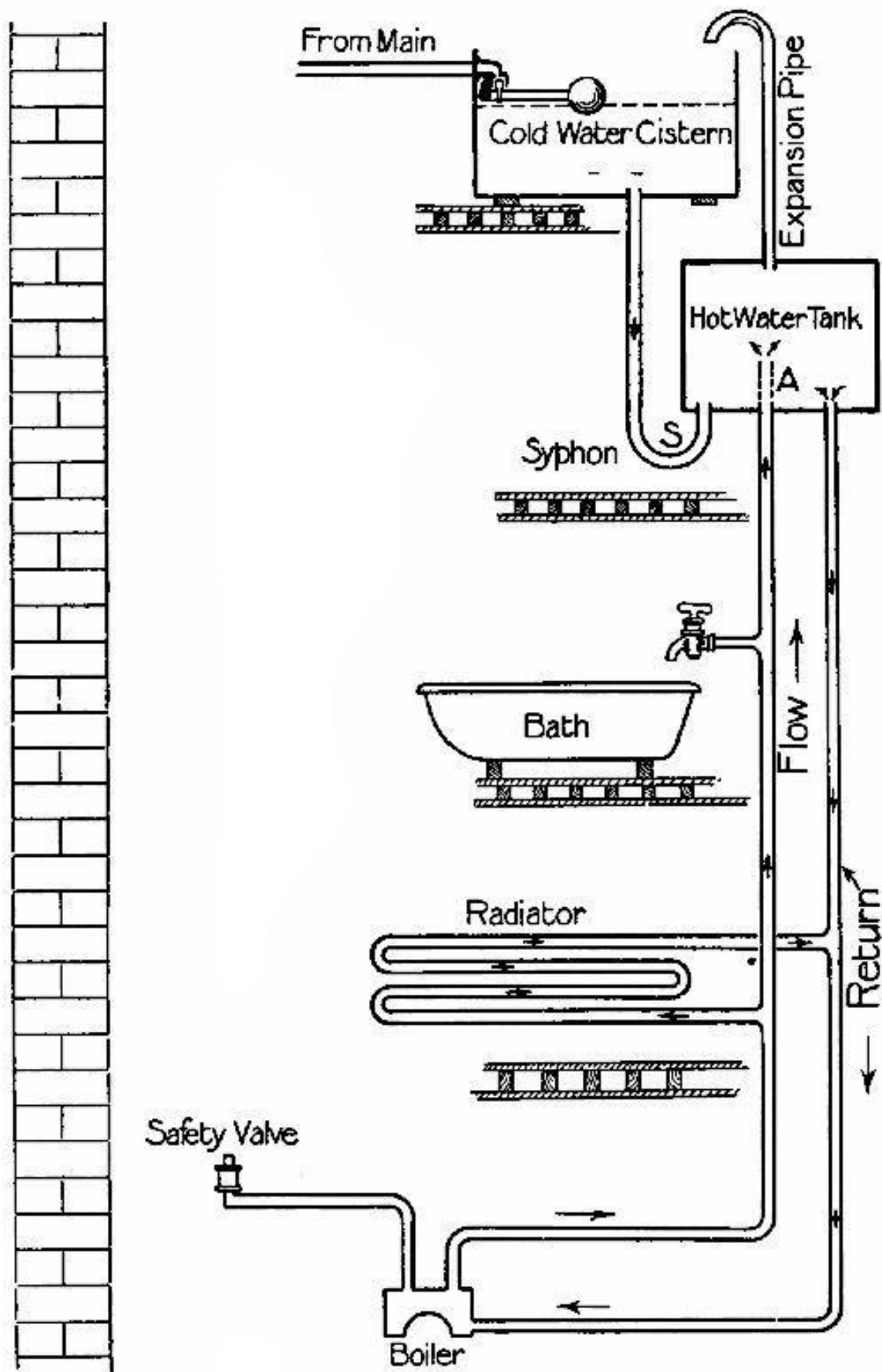


Рис. 192.—

"Баковая" система горячего водоснабжения.

Недостатком системы резервуаров является то, что резервуар, если он расположен достаточно высоко для подачи всех потоков, иногда находится так далеко от котла, что вода теряет большую часть своего тепла в процессе циркуляции. Кроме того, если по какой-либо причине не подается холодная вода, бак А может быть полностью опорожнен, циркуляция прекратится, и вода в бойлере и трубах быстро выкипит.

СИСТЕМА ЦИЛИНДРОВ

(Рис. 193) не допускает ни одного из этих возражений. Вместо прямоугольного резервуара наверху у нас теперь есть большой медный цилиндр, расположенный на кухне рядом с плитой. Проточный и обратный патрубки являются непрерывными, и подача холода поступает в нижнюю часть цилиндра по трубе с сифонным изгибом в ней. Как и прежде, вода отводится из проточной трубы, и в контур может быть включен радиатор. Поскольку под верхней частью цилиндра нет точки отвода, даже при отключении подачи холода цилиндр останется полным, и неисправность будет обнаружена задолго до того, как возникнет опасность выкипания воды в нем.

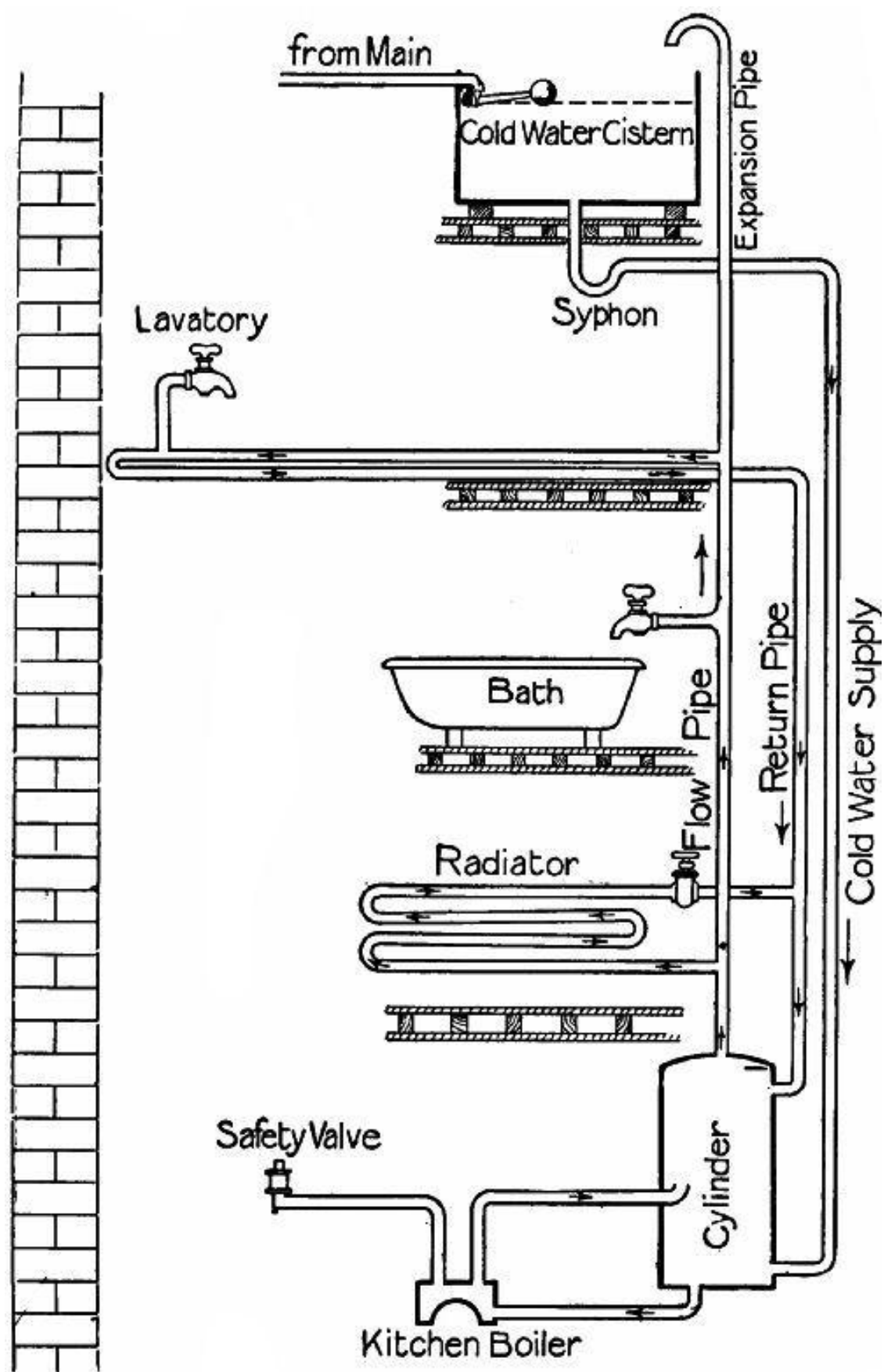


Рис. 193.

"Цилиндрическая" система горячего водоснабжения.

Взрывы котлов происходят из-за засоров в трубах. Если расширительная труба и труба подачи холодной воды замерзают, существует опасность небольшого скопления пара; и если одна из циркуляционных труб также заблокирована, пар должен вырабатываться до тех пор, пока "что-то не должно выйти", [38], которым, естественно, является котел. Предполагая, что трубы заполнены до самых закупоренных мест, разрыв может возникнуть в результате расширения воды. Пар не может образовываться, если над водой не будет свободного пространства. Но расширяющаяся вода накопила тепло, которое привело бы к образованию пара, и в тот момент, когда после разрыва начинается расширение, эта энергия внезапно высвобождается. Пар образуется мгновенно, усиливая эффект взрыва. Из этого следует, что все трубы должны быть надлежащим образом защищены от замерзания, особенно вблизи крыши.

Другой причиной катастрофы является *засорение* труб известью, образующейся при нагревании жесткой воды. При использовании жесткой воды трубы рядом с котлом рано или поздно засоряются, а поскольку отложения слишком твердые, чтобы их можно было соскрести, периодическая замена неизбежна.

КАК РАБОТАЕТ ЛАМПА.

От обогрева перейдем к освещению, и сначала к обычной парафиновой лампе. Две главные вещи, на которые следует обратить внимание, - это фитиль и дымоход. Фитиль, изготовленный из плотного хлопка, притягивает масло за счет так называемого *капиллярного притяжения*. Если вы окунете концы двух стеклянных трубочек, одну на полдюйма, другую на одну восьмую дюйма в диаметре, в сосуд с водой, вы заметите, что в трубочке поменьше вода поднимается выше. Или возьмите две чистые стеклянные тарелки и положите их лицом к лицу, соприкасаясь одним концом, но слегка раздвигая другим каким-нибудь маленьким предметом. Если они частично погружены в воду перпендикулярно, вода будет подниматься между пластинами — дальше всего на той стороне, где две пластины соприкасаются, и все меньше и меньше по мере приближения к другому краю. Тенденция жидкостей подниматься через пористые тела - это явление, которое мы не можем объяснить.

Минеральное масло содержит большую долю углерода и водорода; поэтому его называют гидроуглеродным. Когда масло достигает верхушки зажженного фитиля, жидкость нагревается до тех пор, пока не превратится в газ. Углерод и водород соединяются с кислородом воздуха. Некоторые частицы углерода, по-видимому, соединяются не сразу и, проходя через огненную зону пламени, нагреваются до такой температуры, что становятся очень светящимися. Именно для получения этих световых лучей мы используем лампу, а чтобы эффективно сжигать наше масло, мы должны снабжать пламя большим количеством кислорода, чем оно могло бы получить естественным путем. Поэтому мы окружаем его прозрачным дымоходом из специального стекла. Воздух внутри дымохода нагревается и поднимается вверх; свежий воздух поступает снизу, также нагревается и заменяется. Когда воздух проходит через пламя, оно поглощает кислород. Если фитиль поворачивать вверх до тех пор, пока пламя не станет дымным и не вспыхнет, то пройден момент, когда искусственная тяга в дымоходе может обеспечить поступление достаточного количества кислорода для соединения с углеродом в парах, и "свободный" углерод выходит в виде дыма.

Поддувальная пластина, используемая для разведения огня (рис. 194), выполняет точно такую же функцию, что и дымоход лампы, но в большем масштабе. Пластина предотвращает прохождение воздуха прямо вверх по дымоходу над углями и вынуждает его самостоятельно находить путь через огонь, чтобы заменить нагретый воздух, поднимающийся по дымоходу.

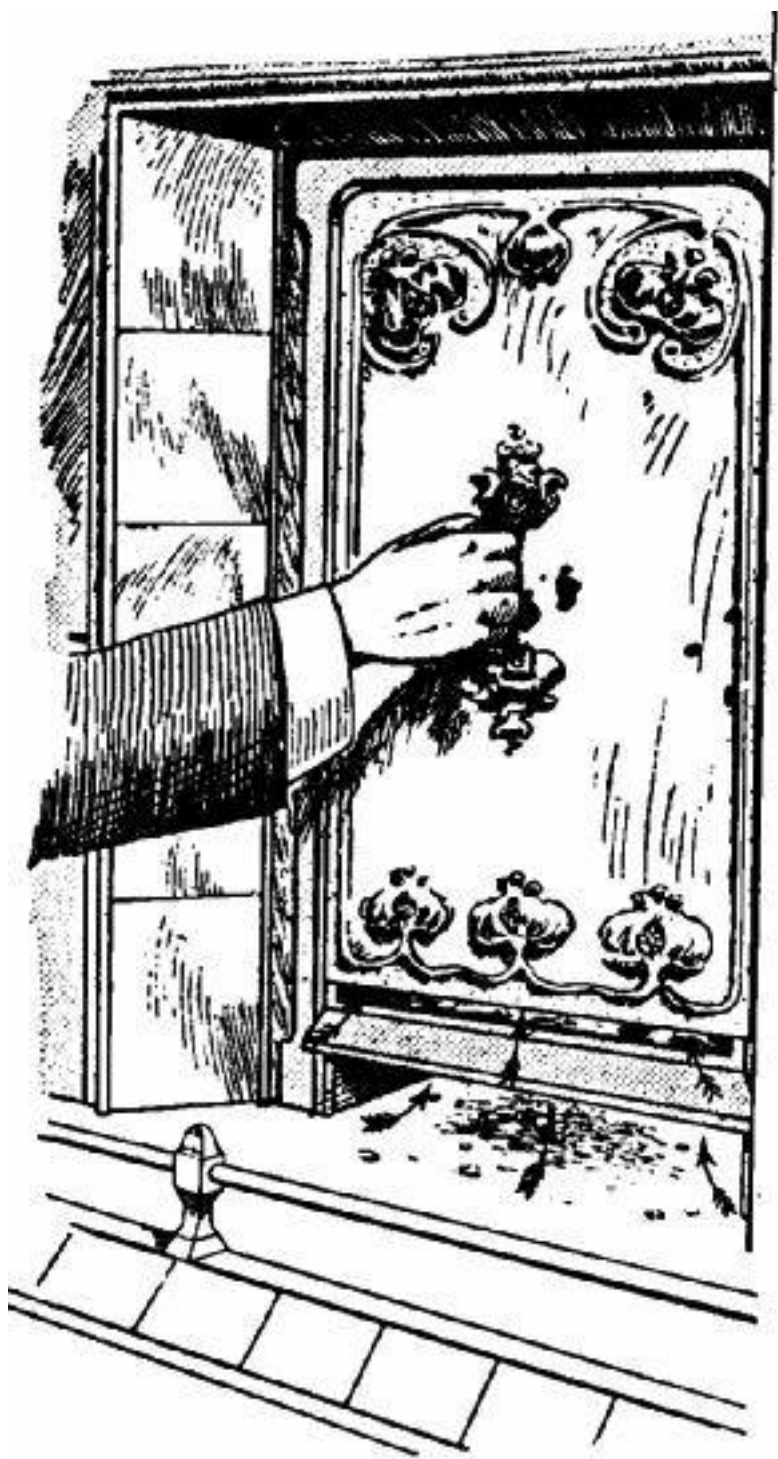


Рис. 194.— Показано, как

поддувальная плита раздувает огонь.

ГАЗ И ГАЗОВЫЕ РАБОТЫ.

Лампа - это устройство для преобразования углеводородного минерального масла в газ и эффективного его сжигания. Газоструйная установка сжигает газы, образующиеся в результате удаления паров гидроуглерода из угля, в аппарате, специально разработанном для этой цели. Производство газа в настоящее время, несмотря на конкуренцию электрического освещения, является настолько важной отраслью, что нам не мешало бы взглянуть на процессы, которые оно включает. В очень небольших масштабах угольный газ можно производить следующим образом: —Наполните жестяную канистру (стыки которой

выполнены путем сгибания металла, а не пайки) углем, закройте крышкой и поставьте ее крышкой вниз на яркий огонь, предварительно проделав отверстие в дне. Вскоре из отверстия начинает выходить пар. Вероятно, сначала это всего лишь пар из-за того, что уголь более или менее влажный. Но если в данный момент поднести зажженную спичку, пар начинает загораться, показывая, что выделяется собственно угольный газ. Пламя горит долго. Когда оно погаснет, канистру можно вынуть и осмотреть содержимое. Большая часть углерода остается в виде *кокса*. Он намного легче угля, поскольку в нем содержатся водород, кислород и другие газы, а также часть углерода, выделяющаяся при нагревании. Сам кокс горит, если его поместить в огонь, но без какого-либо дыма, например, от угля.

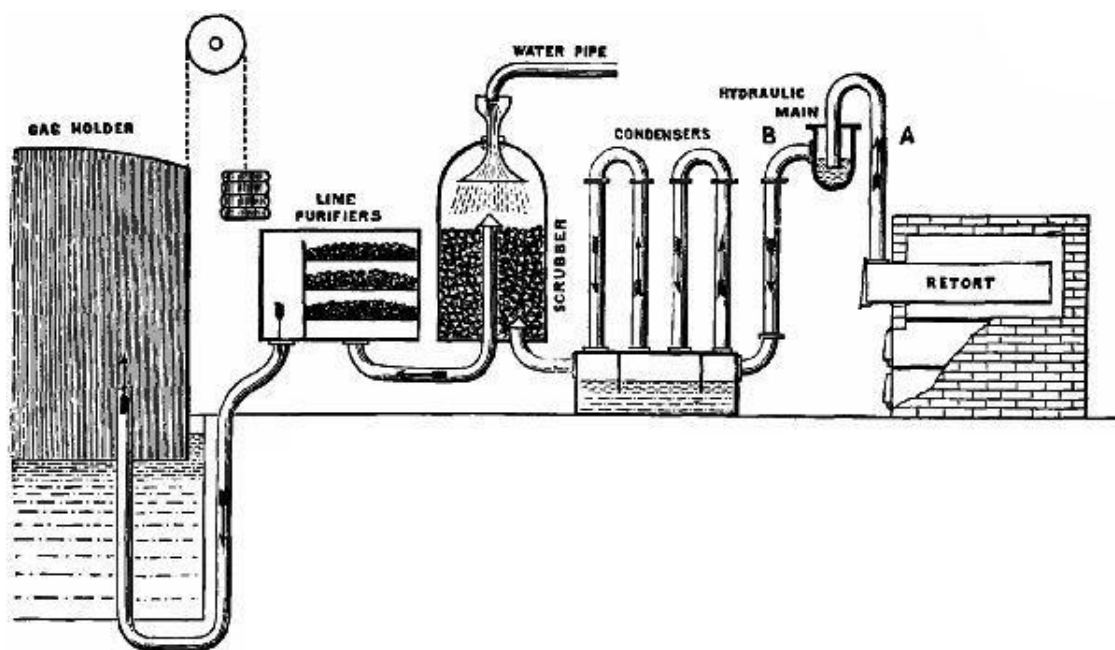


Рис. 195.—

Схема устройства, используемого при производстве угольного газа.

Наш самодельный газ дает дымное и неудовлетворительное пламя из-за присутствия определенных примесей - аммиака, смолы, сероводорода и сероуглерода. Газовый завод должен быть оснащен средствами удаления этих нежелательных компонентов. Обращаясь к рис. 195, на котором очень схематично показаны основные характеристики газовой установки, мы видим в крайнем правом углу *реторты*, которые соответствуют нашему баллону. Обычно это длинные трубы из огнеупорного кирпича D-образного сечения с плоской стороной вниз. Под каждой из них расположена печь, пламя которой играет на дне, стенках и внутреннем конце реторты. Внешний конец, выступающий за пределы кирпичной кладки, имеет железную герметичную дверцу для заполнения реторты, сразу за которой поднимается железная выходная труба А для газов. Сначала необходимо избавиться от смолы, которая испаряется при высоких температурах, но разжижается при обычном атмосферном нагреве. Это достигается путем пропускания газа через *гидравлическую магистраль*, представляющую собой трубчатый сосуд, наполовину заполненный водой по всей длине реторт. Конец трубы А опускается ниже поверхности воды, в которой конденсируется большая часть смолы и пара. Частично очищенный газ теперь проходит по трубе В к *конденсаторам*, серии перевернутых U-образных трубок, стоящих на железном ящике с вертикальными поперечными разделениями между устьями каждой U. Эти разделители погружены в воду, так что газ должен проходить вверх по одной ветви U, вниз по другой, вверх по первой ветви второй трубы и так далее, пока все остатки смолы и других жидких компонентов не сконденсируются внутри трубы, из которой они попадают в резервуар внизу.

Следующим этапом является прохождение *скруббера*, заполненного коксом, по которому постоянно течет вода. Здесь поглощается газообразный аммиак. Все еще остаются сероводород и бисульфид углерода, оба из которых чрезвычайно неприятны для ноздрей. Гашеная известь, уложенная на поддоны в герметичном отсеке, называемом *очистителем извести*, поглощает большую часть содержащихся в них сернистых элементов; после этого угольный газ пригоден для использования. Выходя из очистителей, вода поступает в *газометр*, или газгольдер, огромная лепешкообразная форма которого является очень привычным предметом в окрестностях городов. Газометр представляет собой цилиндрическую коробку с куполообразным верхом, но без дна, изготовленную из клепаных стальных пластин. Он стоит в круглом резервуаре с водой, так что может подниматься и опускаться без какой-либо утечки газа. Легкости газа в сочетании с грузами, прикрепленными к концам цепей, работающих над шкивами на каркасе, окружающем держатель, достаточно, чтобы поднять держатель.

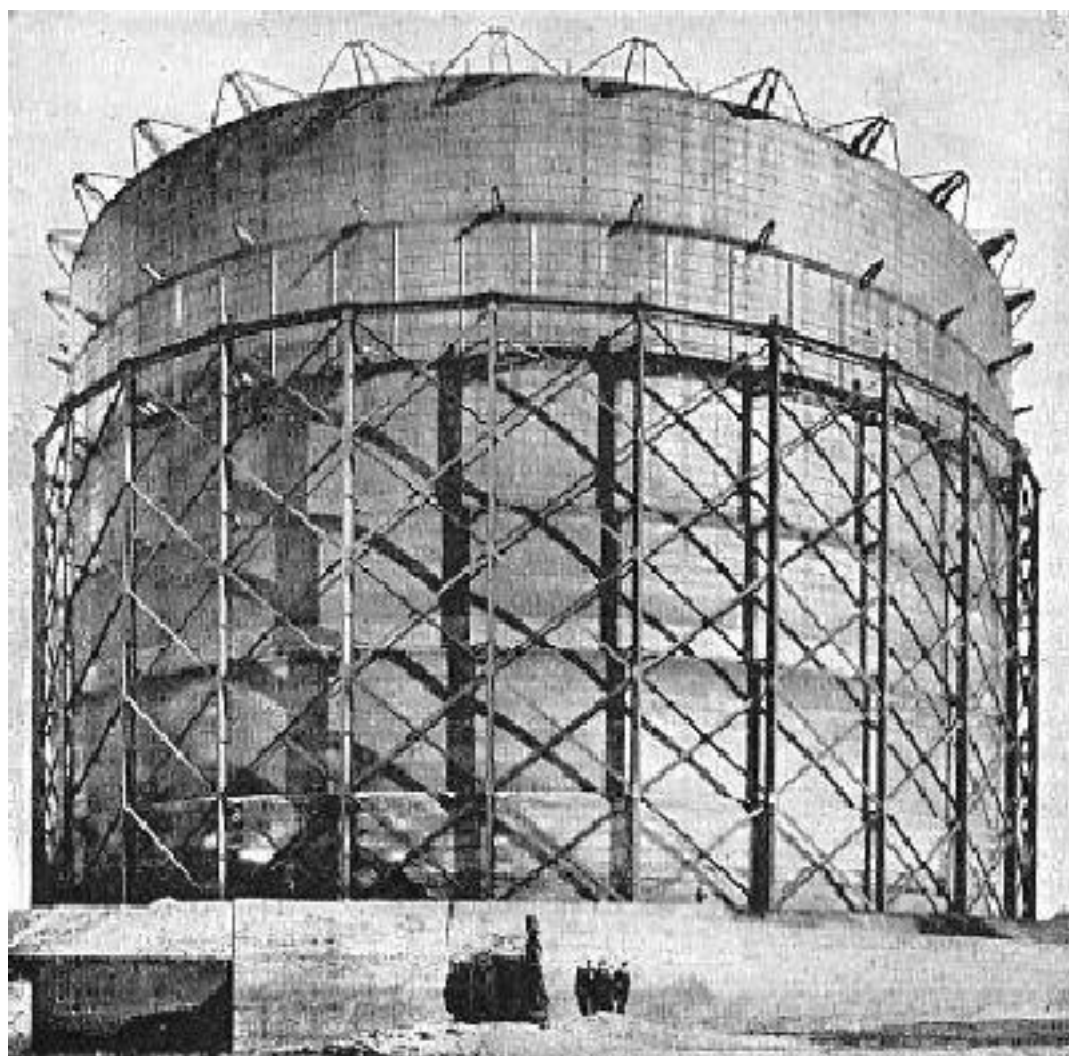


Рис. 196.—

Крупнейший газгольдер в мире: South Metropolitan Gas Co., Greenwich Gas Works.
Вместимость - 12 158 600 кубических футов.

Некоторые газометры обладают огромной производительностью. В настоящее время рекорд принадлежит газометру, построенному для South Metropolitan Gas Co., Лондон, господами Дж. Клейтон и сын Лидса. Это чудовище (иллюстрация которого приведена на рис. 196) имеет 300 футов в диаметре и 180 футов в высоту. В полностью выдвинутом состоянии он

вмещает 12 158 600 кубических футов газа. Благодаря своим огромным размерам он построен по телескопическому принципу с шестью "подъемниками" глубиной 30 футов каждый. Боковые стороны каждого подъемника или кольца, за исключением самого верхнего, имеют сечение, по форме напоминающее букву N. Два элемента образуют глубокую узкую чашу для хранения воды, в которую поднимается и опускается "погружной" элемент кольца над ней.

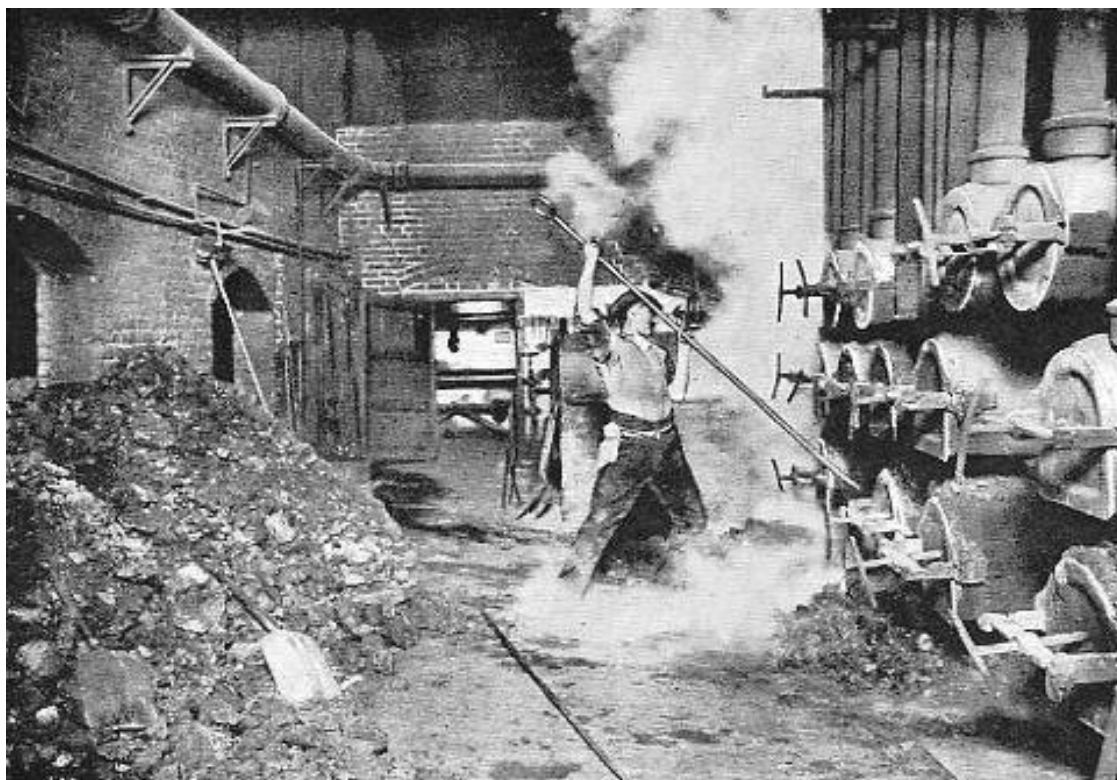


Рис. 197.—

Рисунок реторты. (Фото Ф. Марша.)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАЗОГРЕВАНИЕ.

Загрузка угля в реторты и удаление кокса - чрезвычайно тяжелый труд. На иллюстрации на [стр. 400](#) (сделана по очень красивой фотографии, сделанной мистером Ф. Маршем из Клифтона) мы видим человека, занятого "протягиванием" реторт через железные дверцы на их внешних концах. Автоматическое оборудование в настоящее время используется на крупных газовых заводах для выполнения обеих операций. Одним из самых изобретательных кочегаров является Де Брауэр, показанный за работой на рис. 198. Машина подвешена к подвесной тележке, движущейся по рельсам вдоль поверхности реторт. Уголь попадает в воронку в верхней части телескопической трубы Р из бункеров на верхнем этаже, в которых есть отверстия, Н Н, управляемые заслонками. Падающий уголь подхватывается резиновой лентой, проходящей по части окружности большого колеса W и ряда шкивов, и выбрасывается в горловину реторты. Видно, как оператор тянет за ручку, которая открывает заслонку бункера над загрузочной трубой, и включает электродвигатель мощностью 4 л.с., который приводит в движение ленту и перемещает машину. Один из таких питателей заряжает реторту длиной 20 футов за двадцать две секунды.

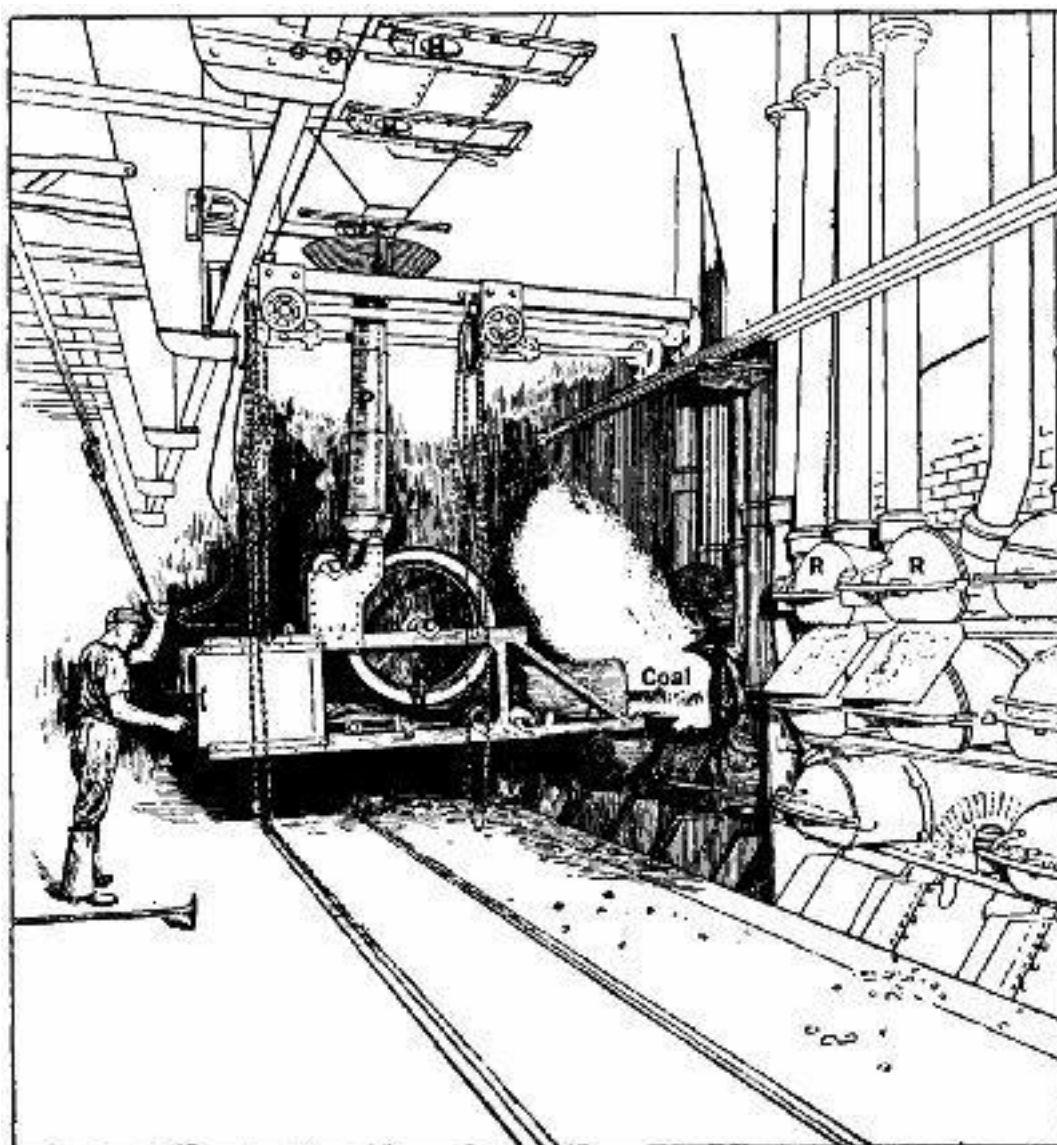


Рис. 198.

Автоматическое зарядное устройство для реторт Де Брауэра.

РЕГУЛЯТОР ПОДАЧИ ГАЗА.

Некоторые читатели, возможно, заметили, что поздно ночью газовая струя, которая несколько часов назад горела довольно слабым пламенем при полном открывании крана, теперь становится все более и более энергичной и, наконец, может вспыхнуть с шипящим звуком. Это связано с тем, что многие горелки, питаемые от основного источника питания дома, были выключены, и, следовательно, для все еще горящих форсунок доступно большее количество газа, которое, следовательно, испытывает повышенное давление. На самом деле давление газа в магистрали постоянно меняется, отчасти из-за неравномерности подачи от газометра, а отчасти из-за того, что количество работающих горелок неодинаково в течение многих минут подряд. Следует также помнить, что дома, расположенные рядом с газометрическим концом магистрали, будут получать газ под более высоким давлением, чем дома на другом конце. Газ, хранящийся в держателях, может потребоваться для использования в уличных фонарях, расположенных в нескольких ярдах от дома, или для других ламп, расположенных на расстоянии нескольких миль. Следовательно, очевидно, что если давления будет ровно столько, чтобы обеспечить хорошую подачу топлива к ближайшей лампе, то на небольшом расстоянии за ней будет слишком мало, а в крайней точке его вообще не будет; так что необходимо приложить достаточное давление, чтобы

преодолеть трение на всех этих милях трубы, и дать ровно столько газа на крайнем конце. Из этого следует, что во всех промежуточных точках давление является чрезмерным. Газ среднего качества сжигается с наибольшим преимуществом в отношении его светоотдающих свойств, когда его давление равно давлению водяного столба высотой в полдюйма, или примерно 1/50 фунта. на квадратный дюйм. При меньшем количестве получается дымный, мерцающий свет, а при большем - горение также несовершенное.

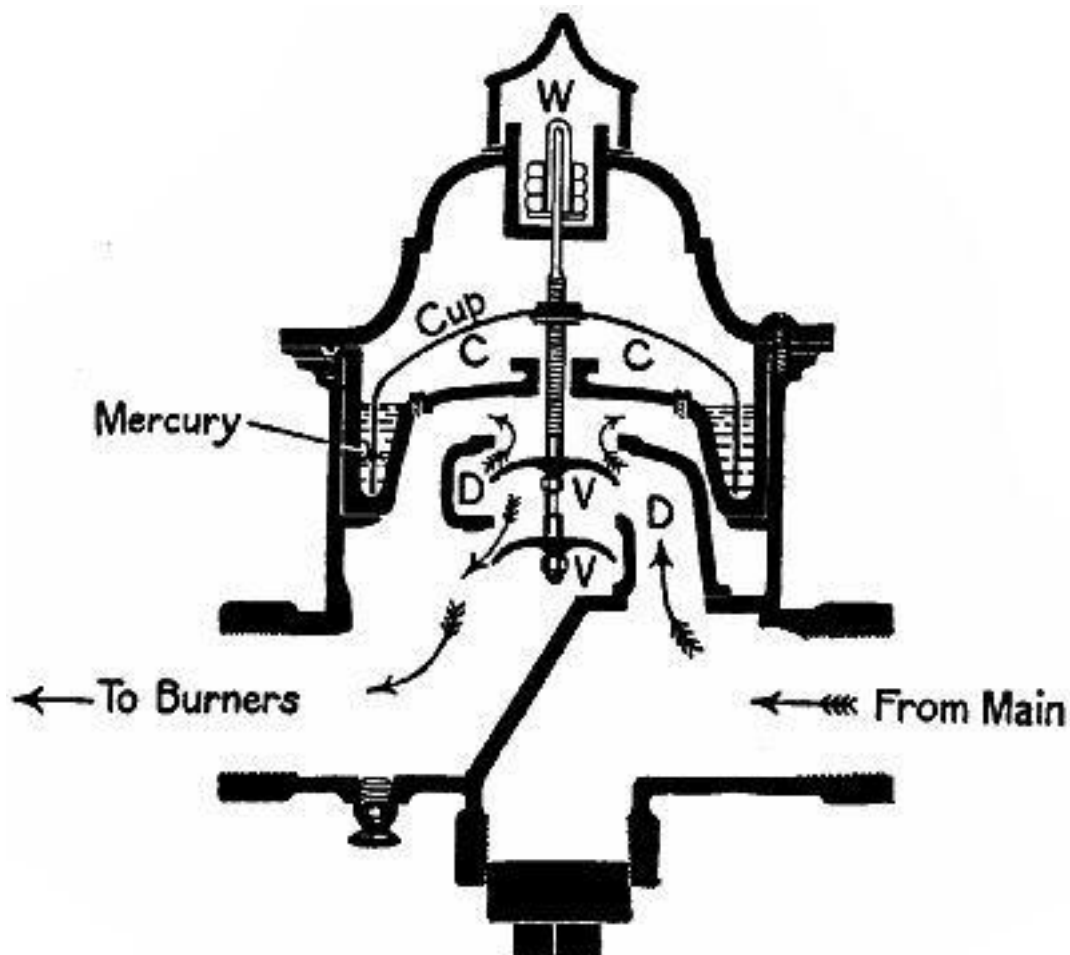


Рис. 199.

Поэтому каждый источник питания в доме должен быть оснащен газовым регулятором для поддержания постоянного давления. Часто используемый регулятор Stott показан в разделе на рис. 199. Газ поступает из магистрали справа и проходит в круглое колено D, которое имеет верхнее и нижнее отверстия, закрытые клапанами V V. К валу клапана прикреплен большой перевернутый металлический стакан, кончик которого погружен в ртуть. Давление, при котором должен действовать регулятор, определяется весом W, которым нагружен шпindel клапана сверху. Как только это давление превышает, газ в системе C C приподнимает металлический колпачок, и V V прижимаются к своим гнездам, таким образом перекрывая подачу. Газ не может выйти из системы кондиционирования, так как он не имеет достаточного давления, чтобы протолкнуться через ртуть под кромкой стакана. Как только давление в системе кондиционирования падает из-за израсходования части газа, клапаны открываются и пропускают больше газа. При незначительных колебаниях давления клапаны никогда не закрываются полностью, а просто ограничивают подачу до тех пор, пока давление за ними не упадет до надлежащего уровня, то есть они пропускают ровно столько газа, сколько используемые горелки могут потреблять при заданном давлении.

Регуляторы гораздо большего размера, но работающие практически по тому же принципу, подключаются к сети в том месте, где они выходят из газометров. Однако они не чувствительны к локальным колебаниям в трубах, отсюда необходимость в отдельных регуляторах в доме между счетчиком и горелками.

ГАЗОВЫЙ СЧЕТЧИК

обычно используемый в жилых домах, действует по принципу, показанному на рис. 200. Герметичный корпус разделен горизонтальными и вертикальными перегородками на три газовые камеры: В, С и D. Газ поступает в точку А и проходит в клапанную камеру В. Задвижки этого устройства позволяют ему проходить в С и D, а также в два круглых кожаных сильфона Е, F, которые прикреплены к центральному подразделению G, но совершенно независимы друг от друга.

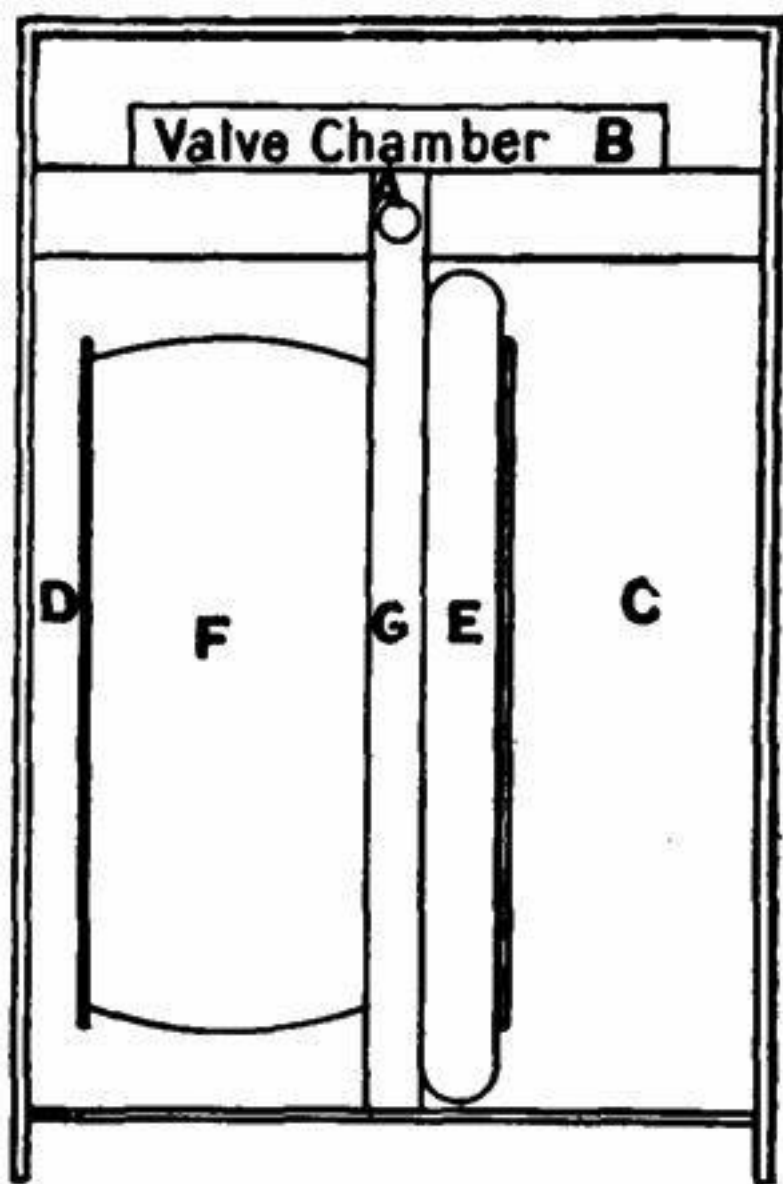


Рис. 200. Схема сильфона и камер

"сухого" газового счетчика.

Предположим, что на рисунке клапаны пропускают газ в камеру С и сильфон F. Давление в С прижимает круглую головку Е к делению G, вытесняя содержимое сильфона через

выпускную трубу (не показана) к горелкам, работающим в доме. Одновременно накачка F выталкивает газ в камеру D также через выпускное отверстие. Верхние пластины сильфона прикреплены к стержням и рычагам (не показаны), приводящим в действие золотники в положении B. Как только E полностью вставлено, а F полностью расширено, клапаны начинают открываться и соединяют впускную трубу с D и E, позволяя содержимому F и C вытекать к выпускному отверстию. Движения клапанного механизма приводят в действие цепочку счетных колес, видимых через стеклянное окошко сбоку корпуса. Поскольку сильфоны обладают определенной производительностью, каждый их ход означает, что определенный объем газа был выброшен либо из них, либо из камер, в которых они перемещаются: это регистрируется счетчиком. Устройство практически состоит из двух цилиндров двойного действия (сильфонные концы которых являются поршнями), работающих по тому же принципу, что и паровой цилиндр (рис. 21). Клапаны имеют три отверстия — центральное, или выпускное, ведущее к выпускному отверстию, и внешние, ведущие от впускного отверстия. Сильфон подается через каналы в отсеке G.

ГАЗОВОЕ ОСВЕЩЕНИЕ С ЛАМПОЙ НАКАЛИВАНИЯ.

Одно время казалось, что появление электродуговой лампы и лампы накаливания означает гибель газа как осветительного агента. Но появление в 1886 году вельсбахской *лампы накаливания* для газовых горелок открыло процветающую эпоху в истории газового освещения.

Яркость газового пламени зависит от количества выделяющихся в нем частиц углерода и температуры, до которой эти частицы могут нагреваться при прохождении через сильно нагретую внешнюю зону пламени. При обогащении газа углеродом до определенной точки выделяется больше света при пламени заданной температуры. Для увеличения тепла пламени до внедрения ламп накаливания были опробованы различные устройства, но было обнаружено, что они слишком недолговечны, чтобы иметь какую-либо коммерческую ценность. Поэтому изобретатели искали способы, с помощью которых излучение света могло бы быть получено из угольного газа независимо от накала частиц углерода в самом пламени; и шаг за шагом было обнаружено, что газ можно было бы лучше использовать просто в качестве нагревающего агента для получения раскаленных веществ, обладающих более высокой светоотдачей, чем углерод.

Доктор Ауэр фон Вельсбах обнаружил, что веществами, наиболее подходящими для создания накаливания, являются оксиды некоторых редких металлов, *тория* и *церия*. Мантия изготавливается путем погружения цилиндра из хлопчатобумажной сетки в раствор нитрата тория и церия, содержащий 99 % первого и 1% последнего металла. Когда волокна достаточно пропитаются, мантию извлекают, отжимают и помещают в форму для просушки. Затем его выдерживают над газовой горелкой Бунзена, и хлопок сгорает, в то время как нитраты превращаются в оксиды. Теперь мантия готова к использованию, но очень хрупкая. Поэтому его необходимо дополнительно окунуть в раствор из ваты и спирта, чтобы сделать достаточно прочным для упаковки. Когда это необходимо для пользы, оно приостановлено за горелку асбестовых нитей сверху, свет применяется ко дну, и коллодия сгорает, не оставляя ничего, кроме жаростойкие оксиды.

Горелка, используемая с кожухом, сконструирована по принципу Бунзена. Выходящий из форсунки газ смешивается с достаточным количеством воздуха для обеспечения идеального горения. Весь углерод сгорает, и пламя, хотя и почти невидимое, очень горячее. Оксиды мантии преобразуют тепловую энергию пламени в световую энергию. Это подтверждается

не только интенсивной белизной кожуха, но и тем фактом, что тепло, выделяющееся из дымохода горелки, не так сильно, когда кожух установлен, как когда он отсутствует.

Лампы накаливания с каждым годом используются все шире. В Германии 90%. газовое освещение осуществляется по системе накаливания, а в Англии около 40%. Мы можем заметить, как интересный пример изменчивой судьбы изобретателей, что некогда обреченная газовая горелка, благодаря мантии Вельсбаха, во многих случаях заменила электрические лампы накаливания, которые должны были ее погубить.

[38] Если, конечно, в комплект поставки не входит исправный предохранительный клапан.

Глава XX.

РАЗЛИЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ.

Наручные часы:—Краткая история часовых механизмов;—Конструкция часовых механизмов;—приводная сила;—спусковой механизм;—Компенсирующие маятники;—пружинный баланс;—цилиндрический спусковой механизм;—рычажный спусковой механизм; —Компенсирующие балансиры;-колесики;—Механизм заводки часов без ключа;—Механизм часовой стрелки. Замки: —Замок Чабба—Замок Йеля. Цикл:—Включение цикла—Свободный ход —Переключение скоростей. Сельскохозяйственные машины:—Молотилки—Косилки. Некоторые природные явления:—Почему солнечное тепло различается по интенсивности-Приливы и отливы—Почему приливы меняются ежедневно.

ЧАСЫ И НАРУЧНЫЕ ЧАСЫ.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЧАСОВЫХ МЕХАНИЗМОВ.

Древнейшим устройством для измерения времени являются солнечные часы. Часы Ахаза, упомянутые во Второй книге Царств, являются самыми ранними циферблатами, о которых у нас есть сведения. Египетские обелиски и любопытные каменные колонны эпохи друидов также, вероятно, служили заклинателями теней.

Клепсидра, или водяные часы, также очень древние, были первым приспособлением для измерения хода часов независимо от движения земли. В своей простейшей форме это была мера, в которую капля за каплей стекала вода, а на внутренней стороне были отмечены часовые уровни. Впоследствии был добавлен очень простой механизм для управления указателем — поплавков, несущий вертикальную рейку, взаимодействующую с зубчатым колесом на шпинделе указателя; или нитка от поплавка, проходящая через шкив, прикрепленный к указателю, и вращающая его по мере подъема поплавка, подобно колесному барометру (рис. 153). В 807 году нашей эры Карл Великий получил от персидского короля водяные часы, которые отбивали время. Вот как это описано в книге Гиффорда "История Франции": "Циферблат состоял из двенадцати маленьких дверц, которые представляли собой разделение часов. Каждая дверь открывалась в тот час, который она должна была символизировать, и из нее вылетало небольшое количество маленьких шариков, которые падали один за другим, через равные промежутки времени, на медный барабан. На глаз можно было определить, который час, по количеству открытых дверей, а на слух - по количеству упавших мячей. Когда пробило двенадцать часов, двенадцать всадников в миниатюре одновременно вышли вперед и закрыли все двери".

Песочницы появились около 330 г. н.э. За исключением специальных целей, таких как хронометраж проповедей и варка яиц, они не представляли никакой практической ценности.

Клепсидра, естественно, навела механический разум на мысль привести в действие механизм для регистрации времени с помощью силы тяжести, действующей на какое-либо тело, отличное от воды. Изобретение *часов с гиревым приводом* приписывается, как и многое другое, Архимеду, знаменитому сицилийскому математику третьего века до нашей эры; но не существует записей о каких-либо реальных часах, состоящих из колес, приводимых в движение гирями, до 1120 года нашей эры, поэтому мы можем считать этот год началом эры часов в том виде, в каком мы их знаем.

Около 1500 года Петер Хеле из Нюрнберга изобрел *главную пружину* вместо гирьки, и вскоре после этого появились *часы* (1525 год н.э.). Впервые маятник для управления движением колес был применен Кристианом Гюйгенсом, выдающимся голландским механиком, в 1659 году.

Томасу Томпиону, "отцу английского часового дела", принадлежит честь впервые установить *волосную пружину* на спусковой механизм часов примерно в 1660 году. Он также представил *цилиндрический спусковой механизм*, который сейчас так часто используется в дешевых часах. Хотя с тех пор было сделано много улучшений, Томпион производил часы, которые были отличными хронометристами, и в награду за преимущества, оказанные его товарищам при жизни, после смерти ему была оказана исключительная честь упокоиться в Вестминстерском аббатстве.

КОНСТРУКЦИЯ ЧАСОВ.

Часы состоят из трех основных элементов: —(1) Источника питания, которым может быть гиря или пружина; (2) цепочка колес, приводимая в движение движущей силой; (3) средство управления движением цепочки — в больших часах это обычно маятник, в маленьких часах - балансир с волосковой пружиной. К ним можно добавить, в случае с часами, устройство для отбивания времени.

ДВИЖУЩАЯ СИЛА.

Гири используются только в больших часах, таких, какие можно найти в залах, башнях и обсерваториях. Большое преимущество использования утяжелителей заключается в том, что прилагается постоянная движущая сила. *Пружины* занимают гораздо меньше места, чем гири, и незаменимы для портативных часов. Их использование доставляло проблемы первым экспериментаторам из-за снижения мощности, которое обязательно сопровождает раскручивание заведенной пружины. Якоб Зех из Праги преодолел эту трудность в 1525 году, изобретя *запал*, своего рода конический шкив, расположенный между стволом или круглым барабаном, содержащим боевую пружину, и цепью колес, которые пружина должна приводить в движение. Принцип действия "барабана и предохранителя" будет понятен из рис. 201. Боевая пружина представляет собой длинную стальную ленту, прикрепленную одним концом к оправке (так часовщики называют шпиндель или ось), вокруг которой она плотно намотана. Оправка и пружина вставляются в корпус. Повороту оправки препятствуют храповик а, В и щелчок, и поэтому пружина в своем усилии на раскручивание заставляет ствол вращаться.

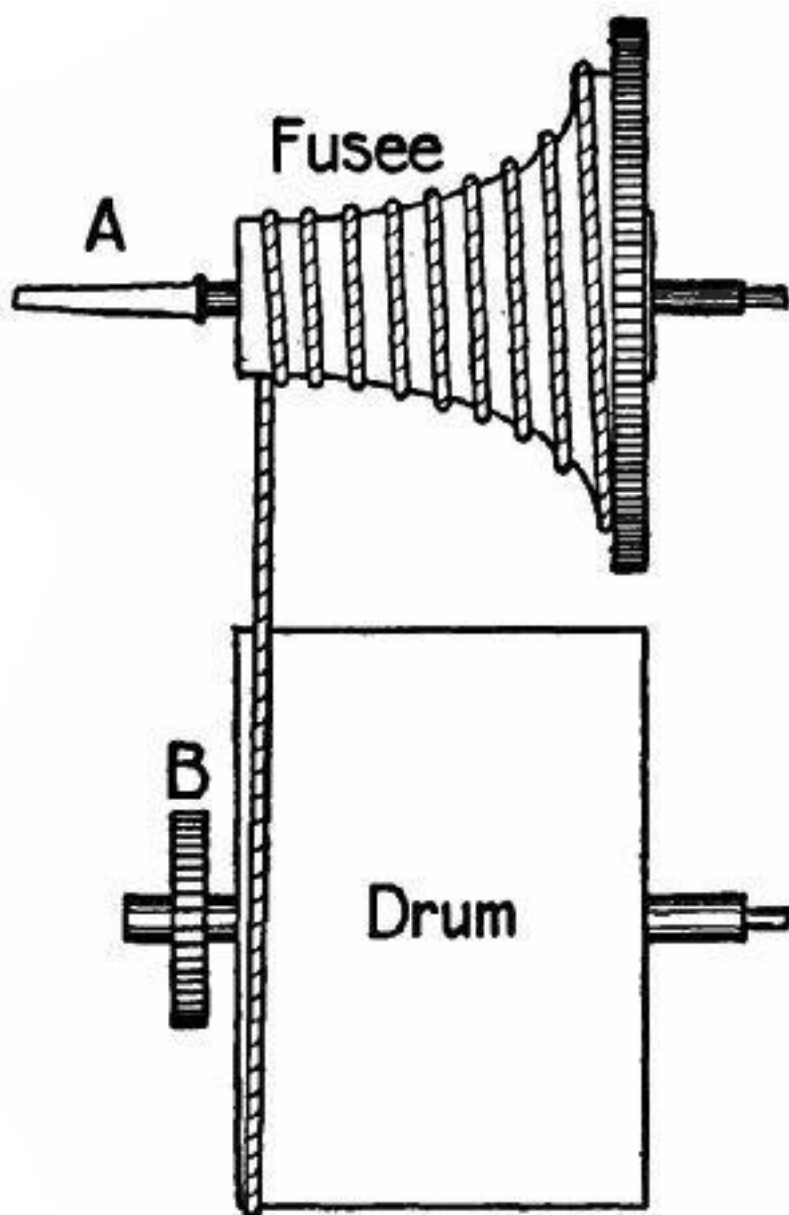


Рис. 201.

Нитка кетгута (или очень тонкая цепочка) прикрепляется одним концом к окружности барабана и наматывается на него, другой конец прикрепляется к большему концу предохранителя, который прикрепляется к ведущему колесу часов с помощью храповика и щелчка (не показан). Для заводки пружины предохранитель поворачивается назад с помощью ключа, прикрепленного к квадратному концу А втулки предохранителя, и это натягивает тетиву с барабана на предохранитель. Сила пружины заставляет взрыватель вращаться, снимая с него тетиву, виток за витком, и таким образом приводит в движение цепочку колес. Но в то время как боевая пружина, будучи полностью заведенной, поворачивает предохранитель, разматывая тетиву с наименьшей части предохранителя, она получает преимущество в большем радиусе, поскольку ее энергия уменьшается.

Предохранитель до сих пор используется для морских хронометров, для некоторых часов с заводной пружиной и маятником, а иногда и для наручных часов. В последнем случае это стало ненужным из-за того, что швейцарские часовщики внедрили *вращающийся барабан*, которые сформировали зубцы на краю барабана главной пружины для приведения в движение ряда колес. Этот вид барабана называется "ходовым", потому что он приводит в движение часы во время операции заводки, которая выполняется путем вращения оправки

барабана, к которой прикреплен внутренний конец пружины. Храповик предотвращает поворот оправки пружиной назад. Внедрение спускового механизма стало удовлетворительным благодаря усовершенствованию различных механизмов спуска.

СПУСКОВОЙ МЕХАНИЗМ.

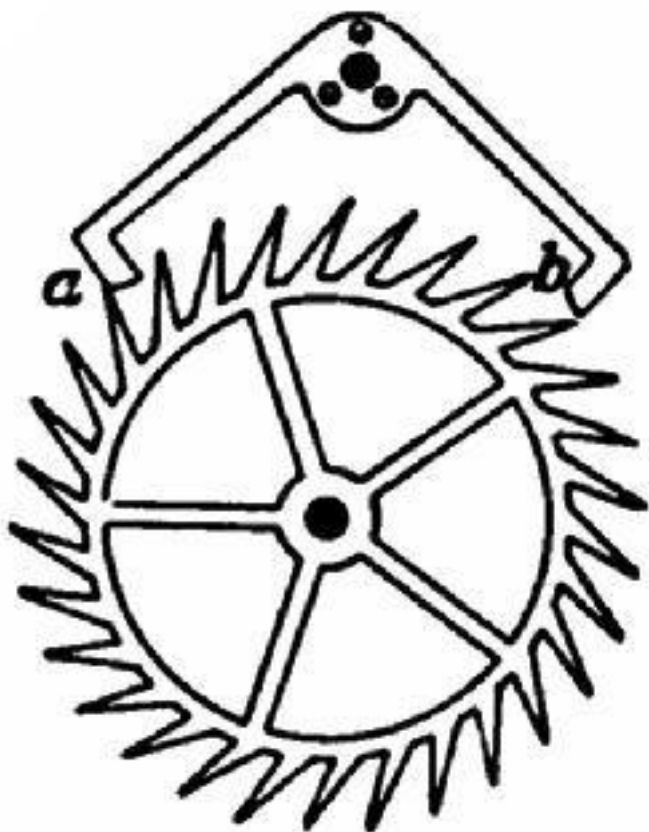


Рис. 202.

Пружина или груз передает свою мощность через цепочку зубцов на *спусковой механизм*, или устройство для регулирования скорости, с которой должны вращаться колеса. В часах *маятник* обычно используется в качестве управляющего агента. Галилей, когда учился в Пизе, заметил, что некоторые висят лампы в тамошнем соборе раскачиваются на своих шнурах с одинаковой скоростью; и в ходе исследования он открыл принцип, согласно которому чем короче маятник, тем быстрее он будет раскачиваться взад-вперед. Как уже было замечено, Гюйгенс впервые применил этот принцип к управлению часами. На рис. 202 мы имеем простое представление механизма "замедления", обычно используемого в часах. Спусковое колесо установлено на валу последней шестерни приводного механизма, поддон - на шпинделе, от которого зависит разъемный рычаг, охватывающий стержень и маятник. Мы должны с осторожностью отметить, что маятник *контролирует* только движение; он не вызывает движение.

Спусковое колесо вращается по часовой стрелке. Две палетки *a* и *b* сконструированы таким образом, что одновременно на зубья может опираться только одна. На чертеже наклонный конец *b* только что был вытянут вверх давлением зуба. Это приводит в движение поддон и маятник. Импульс последнего заставляет *a* опускаться, и в тот момент, когда *b* чистит свой зуб, *a* ловит и удерживает другой. Левая сторона *a*, называемая *фиксирующей поверхностью*, является частью круга, так что спусковое колесо удерживается неподвижно до тех пор, пока оно не коснется *a*: отсюда термин "мертвый удар", то есть полная остановка. Когда маятник качается назад, влево, под действием силы тяжести, *a* приподнимается и

освобождает зуб. Колесо резко поворачивается, и другой зуб зацепляется за фиксирующую поверхность *b*. Маятник снова качается вправо, и наклонный конец *b* снова поднимается вверх, придавая маятнику новый импульс. Этот процесс повторяется до тех пор, пока сохраняется приводная мощность — в течение недель, месяцев или лет, в зависимости от обстоятельств, и механизм продолжает оставаться в хорошем рабочем состоянии.

КОМПЕНСИРУЮЩИЕ МАЯТНИКИ.

Металл расширяется при нагревании; следовательно, стальной маятник, длина которого достаточна для правильного управления часами при температуре 60 °, станет слишком длинным при 80 ° и замедлит ход часов, и слишком коротким при 40 ° и приведет к их ускорению. В обычных часах стержень маятника часто изготавливается из дерева, которое сохраняет почти постоянную длину при любых обычных температурах. Но для очень точных часов требуется что-то более эффективное. Грэм, партнер Томаса Томпиона, воспользовался тем фактом, что разные виды металла имеют разную степень расширения, чтобы изготовить *самокомпенсирующийся* маятник по принципу, проиллюстрированному на рис. 203. Он использовал сталь для стержня и сформировал боб, или утяжеленный конец, стеклянной банки с ртутью, удерживаемой в стремени; ртуть была такой высоты, что по мере удлинения стержня маятника с повышением температуры ртуть расширялась *вверх* в достаточной степени, чтобы расстояние между точкой подвешивания и центром тяжести боба оставалось всегда одинаковым. С понижением температуры стержень укорачивался, а ртуть опускалась в банку. Это устройство не подвергалось усовершенствованию и до сих пор используется в обсерваториях и других местах, где требуются хронометристы предельной точности. Фрезерованная гайка S, показанная на рис. 203, надевается на конец стержня маятника для обеспечения точной регулировки длины маятника.

Для часов, хронометров и маленьких часиков

ПРУЖИННЫЙ БАЛАНС

заменяет маятник. У нас все еще есть спусковое колесо с зубьями подходящей формы для подачи импульсов управляющему агенту. Существует две формы пружинного спуска, но поскольку в обеих используются волосковая пружина и балансирное колесо, мы рассмотрим их, прежде чем идти дальше.

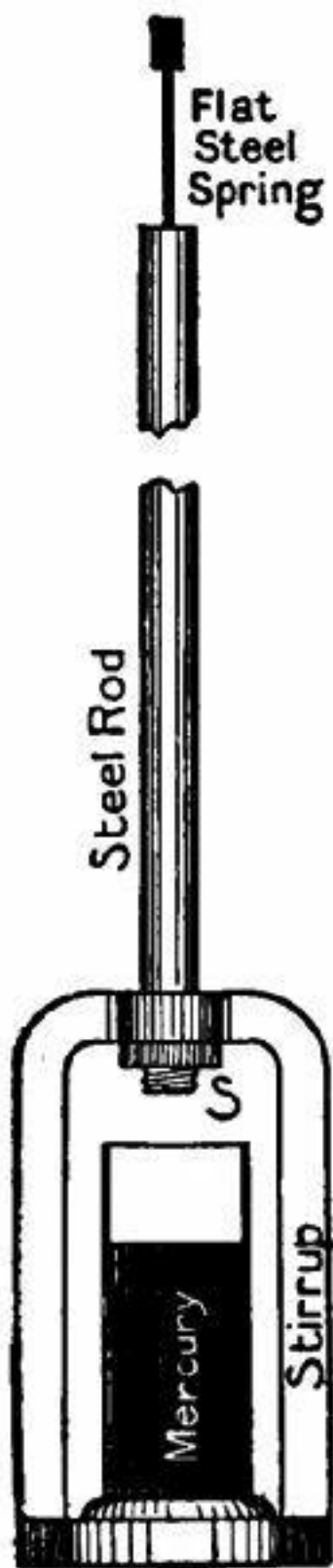


Рис. 203.

The Пружина для волос изготовлена из очень тонкой стальной ленты, закаленной до исключительной эластичности и имеющей форму спирали. Внутренний конец крепится к оправке балансира, внешний - к шпильке, выступающей из корпуса часов. Когда балансирное колесо, приводимое в движение спусковым механизмом, вращается, оно заводит пружину. Накопленная таким образом энергия помогает колесу вращаться в другую сторону во время фиксации зуба спускового колеса. Время, затрачиваемое на намотку и разматывание, зависит от длины пружины. Сила импульса не имеет значения. Сильный

импульс заставляет пружину сворачиваться сильнее, чем это сделал бы слабый импульс; но поскольку запасается больше энергии, процесс раскручивания ускоряется. Проще говоря, сильный импульс перемещает колесо баланса дальше, но вращает его быстро; слабый импульс перемещает его на меньшее расстояние, но вращает медленно. Фактически, принцип действия маятника аналогичен принципу действия волосковой пружины; и продолжительность вибрации зависит от длины стержня в одном случае и пружины в другом.

Движение передается на весы одним из двух способов. Либо (1) напрямую, с помощью спускового механизма цилиндра; либо (2) косвенно, через рычаг.

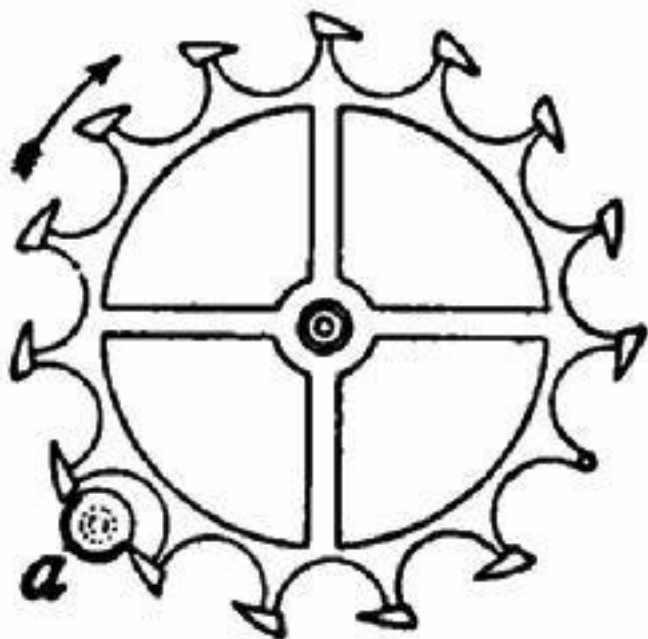


Рис. 204.—Спусковой механизм часов

"Цилиндр".

СПУСКОВОЙ МЕХАНИЗМ ЦИЛИНДРА

показан на рис. 204. Спусковое колесо имеет острые зубья, установленные на ножках. (Один зуб удален, чтобы показать ножку.) Балансир установлен на небольшом стальном цилиндре, часть окружности срезана на уровне зубьев, так что, если смотреть сверху, он будет выглядеть как *a* на нашем рисунке. Зуб только начинает проталкивать свое острие под ближний край отверстия. При движении вперед *b* вращается по часовой стрелке, заводя волосную пружину. Когда зуб проходит ближний край, он летит вперед, ударяясь о внутреннюю сторону дальней стенки цилиндра, которая удерживает его, пока пружина раскручивается. Теперь зуб проталкивается за другой край, ускоряя раскручивание, и, когда он выходит, следующий зуб прыгает вперед и задерживается внешней стороной цилиндра. Теперь весы меняют свое движение на противоположное, им помогает зуб, они заводятся, фиксируют зуб и так далее.

СПУСКОВОЙ РЫЧАГ

все несколько сложнее. Зубья спускового колеса блокируются и разблокируются поддонами P и P^1 , выступающими из рычага, который перемещается на шарнире (рис. 205). Конец рычага раздвоен и имеет квадратную выемку на нем. На оправке балансира находится ролик, или пластина, R , на которой закреплен небольшой штифт I . Два штифта, Bb , выступающие из пластины часов, предотвращают слишком сильное перемещение рычага. Далее мы должны обратить внимание на маленький штифт C на рычаге и выемку на краю ролика.

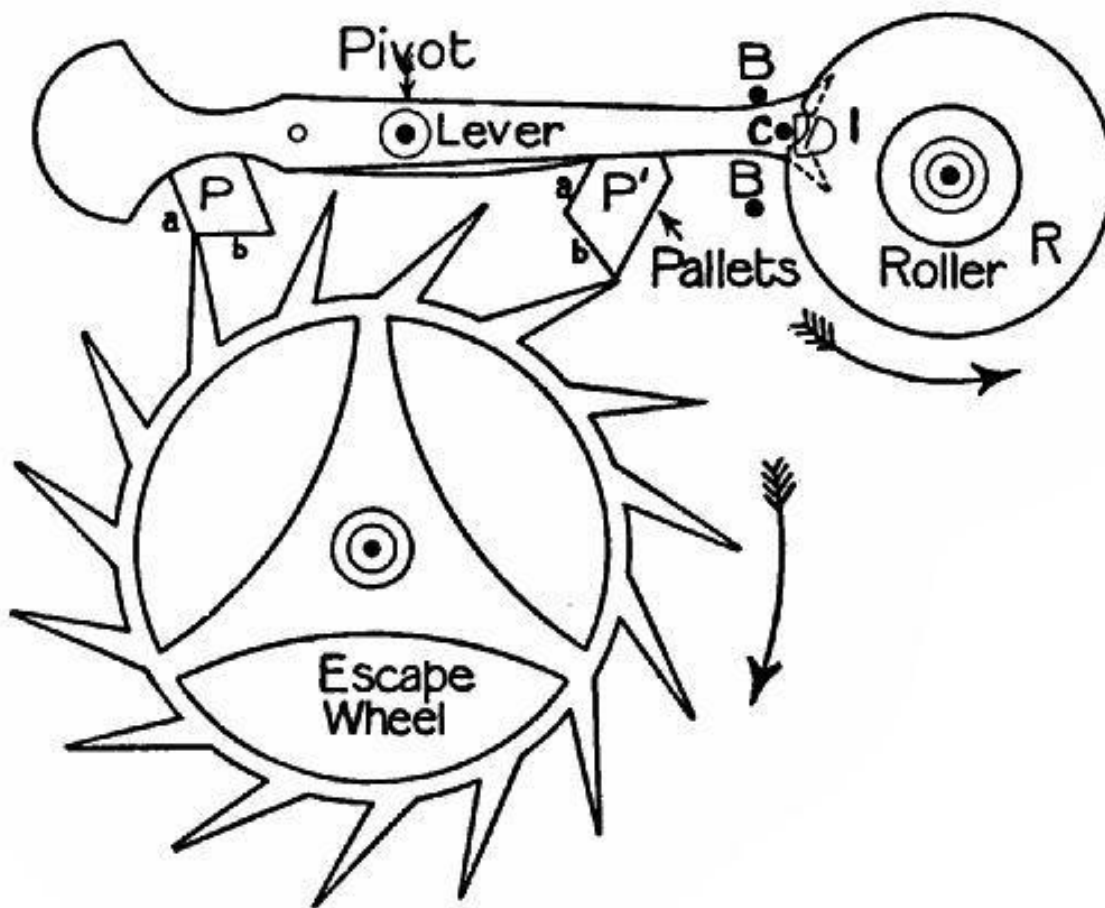


Рис. 205.—

Спусковой механизм часов "Рычаг".

На рисунке зуб только что прошел под "импульсной поверхностью" *b* на *P'*. Рычаг был перемещен вверх правым концом; и его раздвоенный конец подал импульс на *R*, а через него на балансирующее колесо. Пружина заводится. Штифт *C* предотвращает падение рычага, поскольку на нем больше нет выемки напротив него, но он давит на окружность *R*. Когда пружина раскручивается, она ударяет по рычагу в тот момент, когда выемка и *C* находятся напротив. Рычаг опускается вниз, и зуб, который был зафиксирован фиксирующей поверхностью *a* поддона *P*, теперь нажимает на импульсную поверхность *b*, поднимая левый конец рычага вверх. Импульсный штифт *I* получает удар, способствующий раскручиванию пружины, и *C* снова блокирует рычаг. То же самое повторяется в попеременных направлениях снова и снова.

КОМПЕНСИРУЮЩИЕ БАЛАНСИРЫ.

Часовщику пришлось преодолеть ту же трудность, что и часовщику, связанную с расширением металла в контролирующем веществе. Когда металлическое колесо нагревается, его спицы удлиняются, а обод отступает от центра. Теперь предположим, что у нас есть два стержня одинакового веса, один длиной три фута, другой длиной шесть футов. К концу каждого мы прикрепляем груз весом в 2 фунта. Нам будет гораздо легче быстро махать коротким стержнем взад-вперед, чем другим. Почему? Потому что вес более длинной штанги оказывает большее воздействие на руку, чем вес более короткой штанги. Аналогично, если, в то время как масса обода колеса остается постоянной, длина спиц изменяется, усилие, необходимое для вращения колеса взад и вперед с постоянной скоростью, также должно изменяться. Грэм преодолел трудности со стержнем с помощью компенсирующего

маятника. Томас Эрншоу освоил это в колесах с помощью *компенсирующего баланса*, используя тот же принцип, а именно неравномерное расширение разных металлов. Любой, у кого есть компенсированные часы, увидит, остановив крошечный маховик, что у него есть две спицы (рис. 206), к каждой из которых прикреплен почти полный полукруг обода. Внимательный осмотр показывает, что обод состоит из внешней полосы из латуни, приваренной к внутренней обшивке из стали. Латунный элемент сильнее расширяется при нагревании и сжимается при охлаждении, чем стальной; так что, когда спицы удлиняются из-за повышения температуры, детали загибаются внутрь на своих свободных концах (рис. 207); если температура падает, спицы укорачиваются, а детали обода выгибаются наружу (рис. 208).^[39] Это хитроумное приспособление поддерживает постоянную нагрузку на обод в очень тонких пределах. Винты S S вставлены в обод для правильной балансировки, и очень точная регулировка производится с помощью четырех крошечных грузиков Ww. В корабельных хронометрах,^[40] детали оправы имеют *дополнительную компенсацию* по направлению к их свободным концам для устранения незначительных ошибок при первичной компенсации. Компенсация настолько деликатна, что ежедневная потеря или выигрыш всего в полсекунды часто является пределом ошибки.

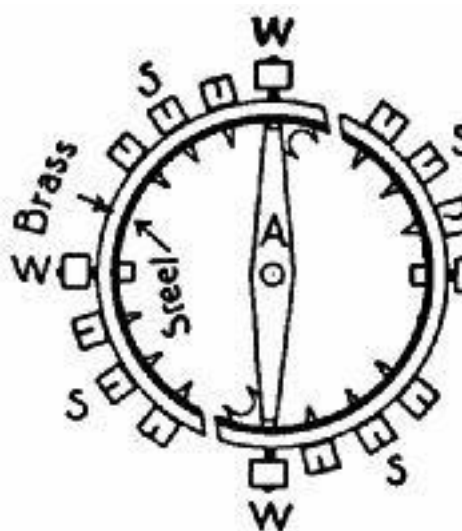


Рис. 206.

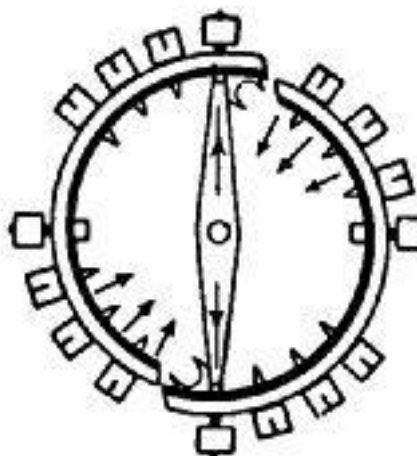


Рис. 207.

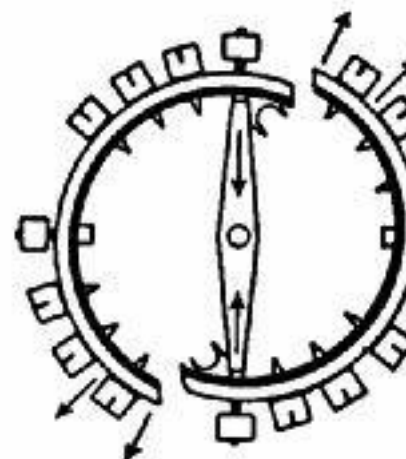


Рис. 208.

"Компенсирующий" баланс часов при нормальных, сверхнормативных и субнормативных температурах.

ЗАВОДНОЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ЧАСОВ БЕЗ КЛЮЧА.

Неудобство, связанное с часами с заводным ключом, привело к тому, что швейцарские производители выпустили на рынок в 1851 году часы, которые обходились без отдельного ключа. Тем из наших читателей, которые носят часы без ключа, будет интересно узнать, как заводятся и устанавливаются стрелки с помощью маленькой зазубренной ручки, заключенной внутри кольца-подвески.

Существует две формы бесключевого механизма "ходовой барабан" - (1) качающаяся планка; (2) переключающая втулка. Устройство для качания штанги показано на рис. 209, 210. Фрезерованная головка M вращает шестеренку G, которая всегда находится в зацеплении с шестеренкой F. Эта шестеренка зацепляется с двумя другими, A и B, установленными на каждом конце коромысла R, которое вращается на оси S. Пружина Sp, прикрепленная к часовой пластине, давит на небольшую шпильку на переключателе качения и удерживает A в нормальном зацеплении с C, установленной на оправке главной пружины.

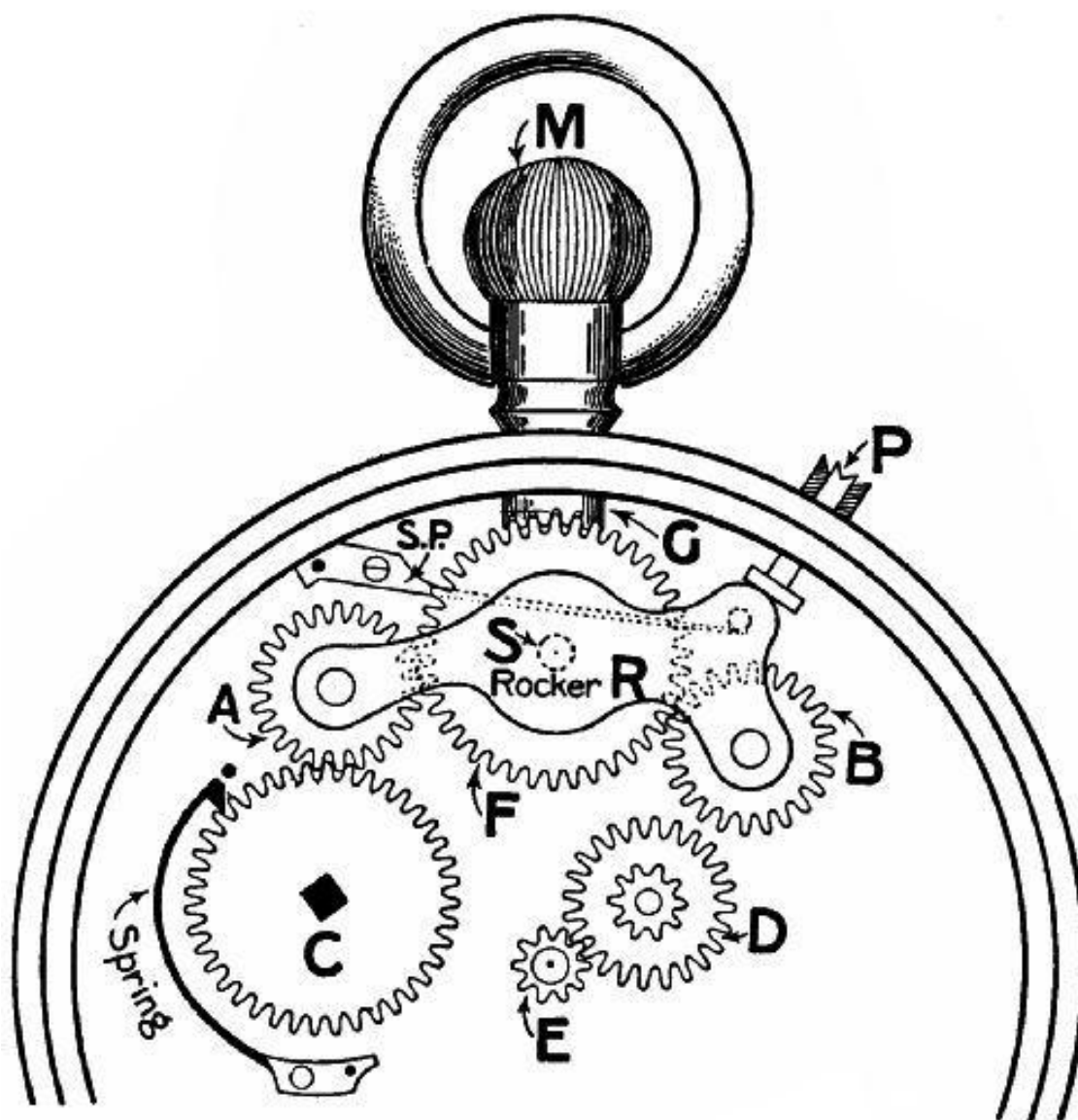


Рис.

209. Заводной механизм часов без ключа.

Чтобы завести часы, М поворачивается так, чтобы придать F движение против часовой стрелки. Теперь зубья F нажимают на А вниз и удерживают его в зацеплении с С, пока не будет закончен завод. Щелчок пружины (обозначен сплошным черным цветом) предотвращает раскручивание пружины (рис. 209). Если F поворачивать по часовой стрелке, он приподнимает А и предотвращает его прикусывание зубьями С, и на С не возникает никакого напряжения

Для установки стрелок большим пальцем нажимают на маленькую кнопку Р внутрь (рис. 210), чтобы нажать на правый конец R и привести В в движение с помощью D, который, в свою очередь, приводит в движение Е, установленную на конце вала минутной стрелки. Теперь стрелки можно перемещать в любом направлении, поворачивая М. При отпуске толкателя заводные колеса снова включаются.

Механизм *сдвигающей втулки* имеет коническую шестерню в месте зацепления G (рис. 209) с зубцом главной пружины. Стержень ручки М круглый в том месте, где он проходит через скос, и может свободно поворачиваться внутри него, но снизу имеет квадратную форму. На квадратной части установлена небольшая скользящая муфта с зубьями сверху, соответствующими другим зубьям с нижней стороны конического колеса, и зубьями, аналогичными зубьям G (рис. 209) на конце. Муфта имеет прорезанный по окружности паз, в

котором находится конец пружинного рычага, который может быть нажат толкателем. В уменьшенном масштабе этот механизм очень напоминает механизм переключения передач автомобиля (рис. 49). Обычно пружина толкает сцепление вверх по квадратной части вала ручки таким образом, чтобы оно входило в зацепление со скосом и заводными колесами. При нажатии на сцепление с помощью толкателя оно приводится в движение шестерней минутной стрелки и отпускает скос.

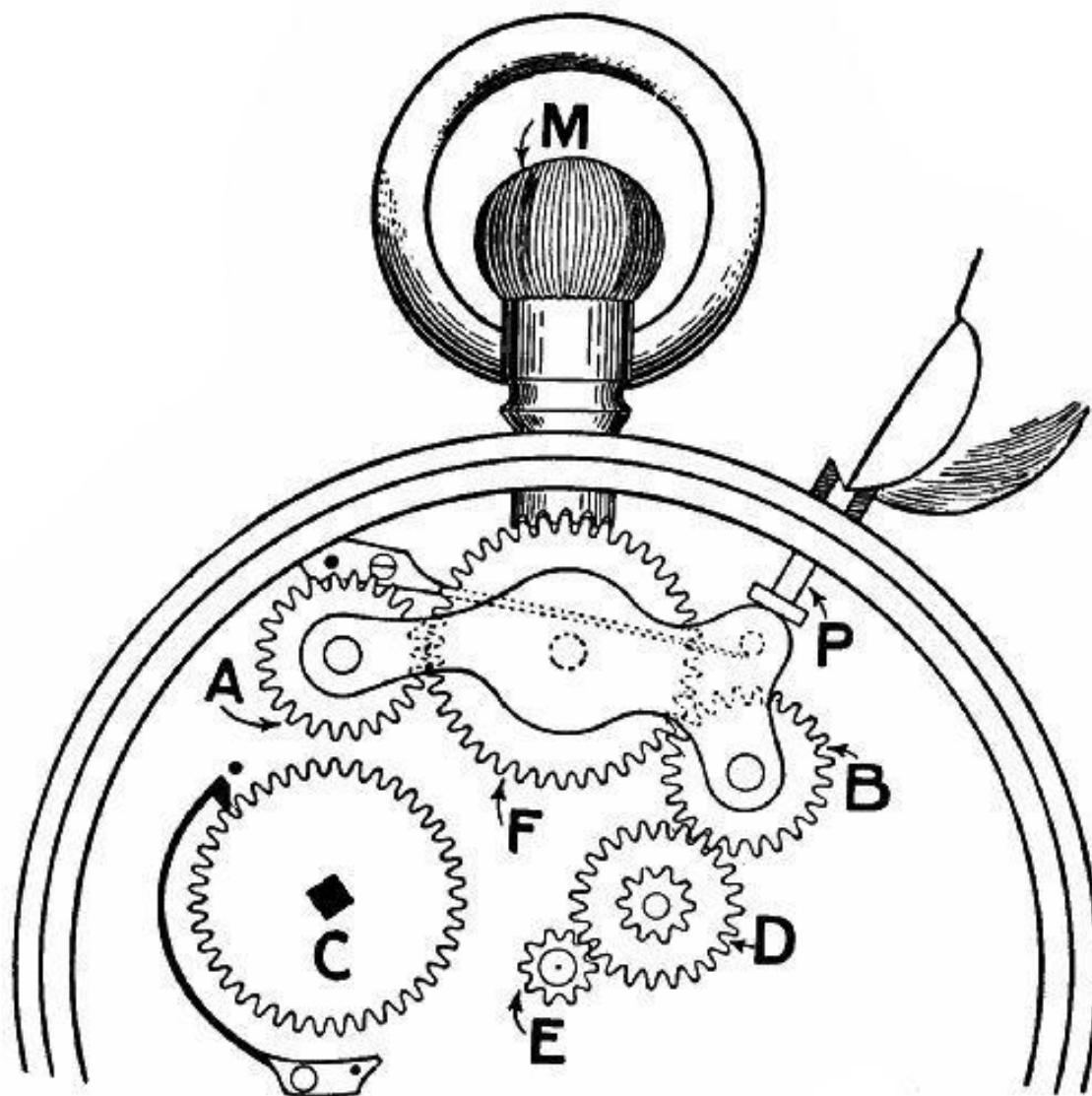


Рис.

210. Механизм ручной настройки в действии.

В одной из разновидностей этого механизма отсутствует толкатель, и шестерня минутного колеса включается нажатием ручки вверх.

ПОЕЗД С ЧАСОВОЙ СТРЕЛКОЙ.

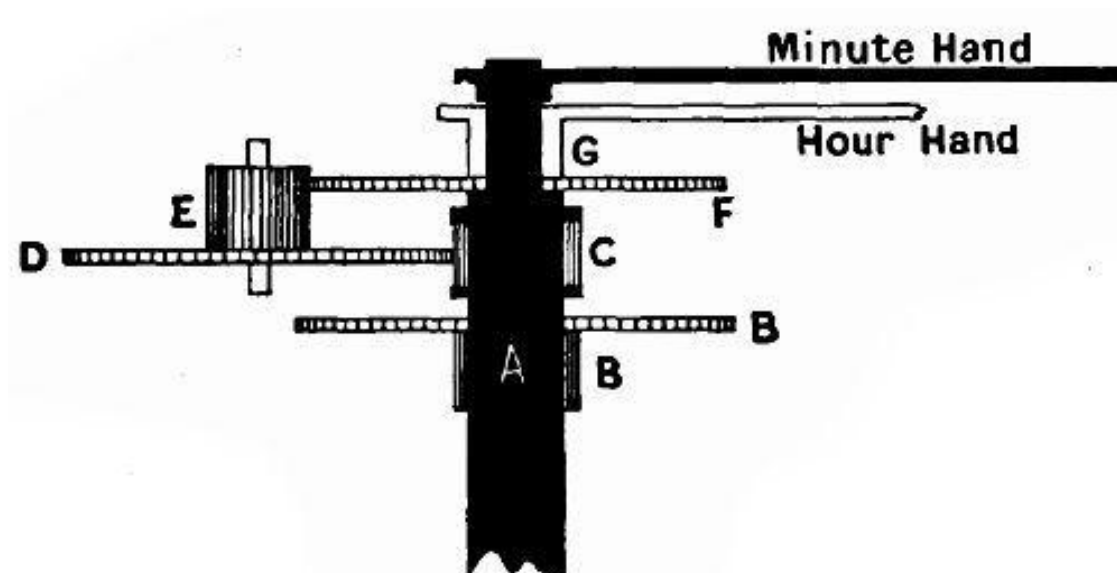


Рис.

211.Последовательность часовых стрелок часов.

Зубья главной пружины соединяются с зубчатым колесом на валу минутной стрелки, который также несет одно из зубчатых колес спускового механизма. Спусковой механизм позволяет валу вращаться один раз в час. На рис. 211 схематично показано, как это осуществляется. Вал часовой стрелки A (сплошной черный) может вращаться внутри зубчатого колеса B, приводимого в движение барабаном с главной пружиной. Он несет шестеренку C. Это зубчатая передача с шестеренкой D, имеющей в три раза больше зубьев. Зубец E, соединенный с D, приводит в движение зубец F, имеющий в четыре раза больше зубьев, чем E. К F прикреплен хомут G часовой стрелки. F и G вращаются снаружи вала минутной стрелки. При повороте A C поворачивает D и E, E поворачивает F и часовую стрелку, которая вращается на $\frac{1}{3} \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$ с такой же скоростью, как A.[\[41\]](#)

ЗАМКИ.

На создание этих, к сожалению, необходимых механизмов было затрачено много изобретательности. С распространением роскоши и возросшим поклонением богатству становится все более и более необходимым охранять свое имущество от менее щепетильных членов общества.

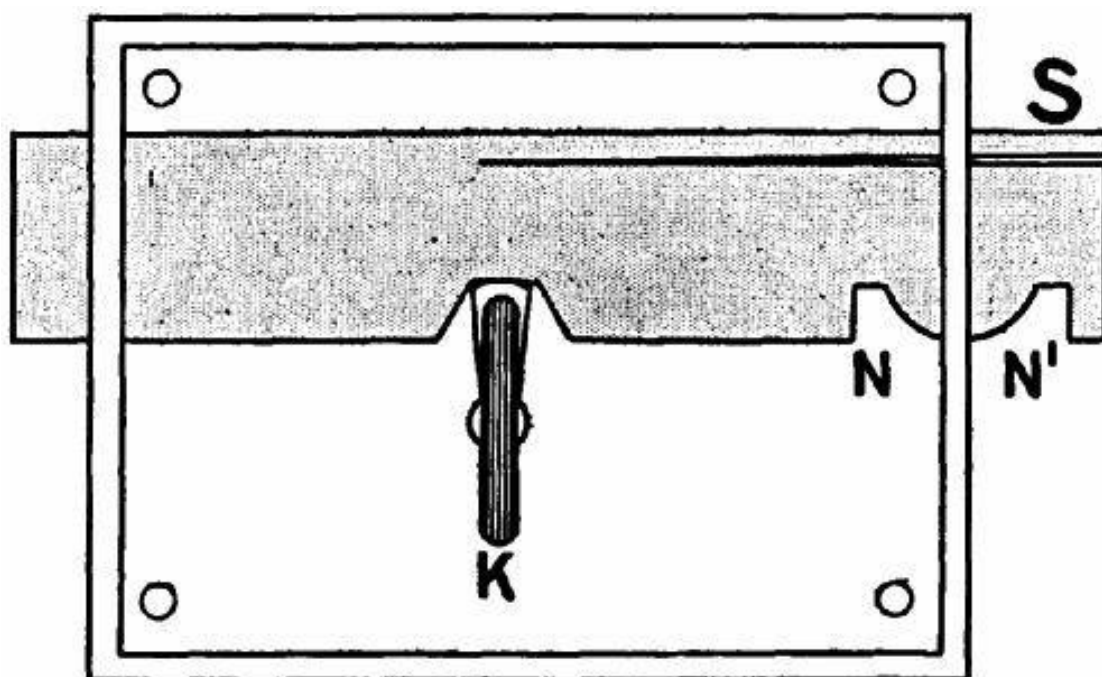


Рис. 212.

Самый простой замок, который можно найти в письменных столах и очень дешевых изделиях, работает по принципу, показанному на рис. 212. Сзади затвор разделен, а верхняя часть загнута вверх, образуя пружину. На нижней кромке вырезаны две выемки, разделенные изогнутым выступом. Ключ просто прижимает болт вверх к пружине до тех пор, пока выемка, входя в зацепление с рамой, не сдвинет его назад или вперед до тех пор, пока пружина не загонит хвостовик в другую выемку. Это примитивное устройство обеспечивает, конечно, очень слабую защиту. Прогресс виден в

ЗАМОК-ТУМБЛЕР.

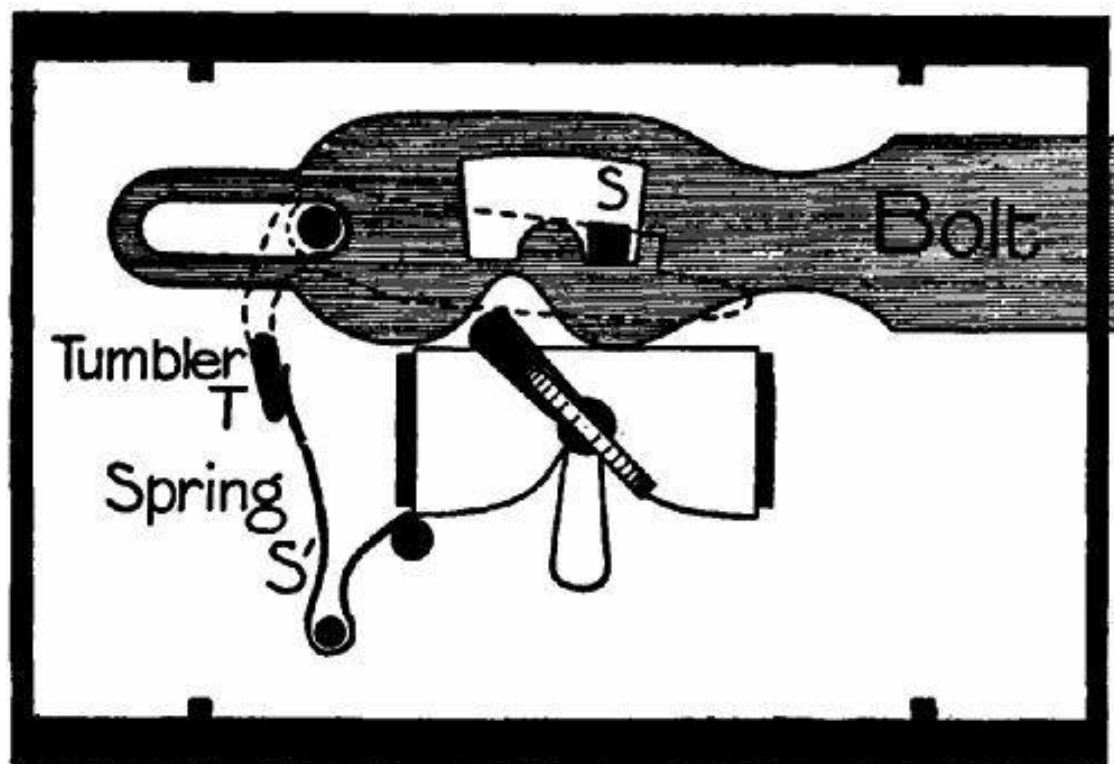


Рис. 213.

Теперь затвор может перемещаться только в горизонтальном направлении. В нем вырезано отверстие с двумя насечками (рис. 213, 214). За болтом находится *тумблер* Т (обозначен пунктирной линией), повернутый под нужным углом на штифте. С торца стакана через отверстие в болте выступает шпилька-S. Этот штифт вдавливается в один или другой из пазов пружиной S¹, которая давит на хвостовик стакана.

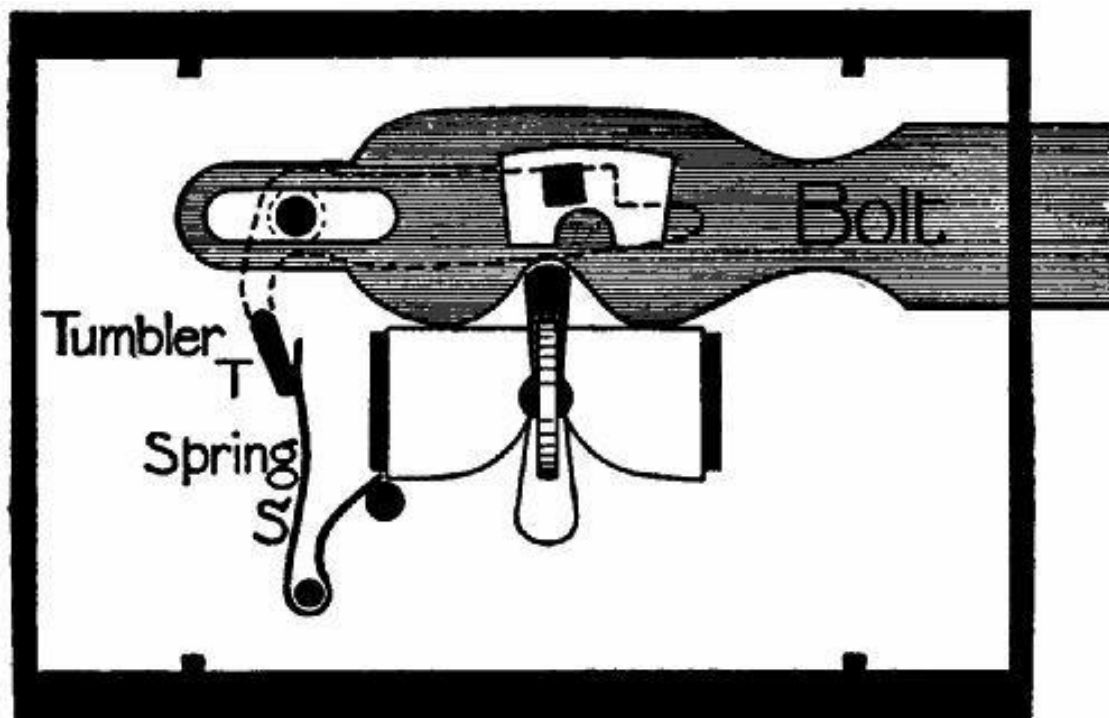


Рис. 214.

На рис. 213 ключ вот-вот приведет в действие запорный механизм. На следующей схеме (рис. 214) показано, как ключ, входя в выемку на нижней стороне болта для перемещения его вдоль, также поднимает штифт-тумблер, освобождая выступ между двумя выемками. К тому времени, когда затвор полностью "взведен", ключ выходит из нижней выемки и позволяет штифту упора попасть в заднюю выемку для запираения.

Замок такого типа также можно очень легко вскрыть, так как сборщику достаточно просто поднять рычажок и передвинуть засов вперед. Замок Баррона, запатентованный в 1778 году, имел два выступа и две шпильки, а отверстие в засове имело выемки как вверх, так и вниз (рис. 215). Это делало необходимым одновременный подъем обоих тумблеров точно на нужную высоту. Если какой-либо из них был поднят недостаточно, шпилька не могла преодолеть нижнюю выемку; если какой-либо из них поднимался слишком высоко, он зацеплял верхнюю выемку. Таким образом, велика вероятность того, что в замке повернут неправильный ключ.

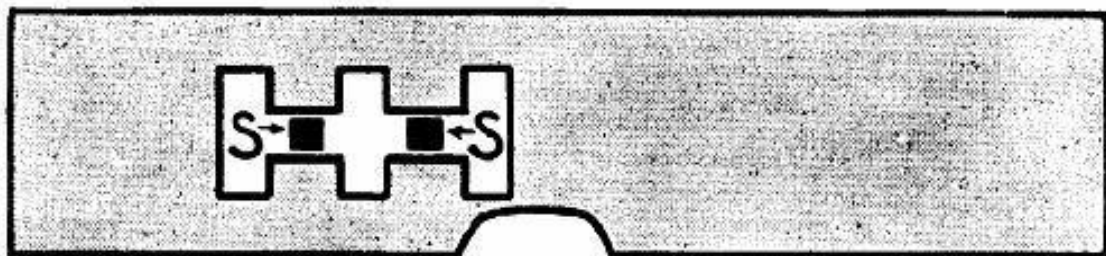


Рис. 215.Засов

замка Barron.

ЗАМОК ЧАББА

является усилением этого принципа. Обычно он имеет несколько тумблеров формы, показанной на рис. 216. Запорная шпилька в этих замках выступает из самого засова, а отверстия, или "ворота", через которые шпилька должна проходить при перемещении замка, вырезаны в тумблерах. Следует заметить, что передняя выемка стакана имеет квадратные зазубрины по краям. Они входят в зацепление с аналогичными зазубринами на шпильке болта и делают невозможным поднятие тумблера, если болт начнет двигаться слишком быстро при вставке неправильного ключа.

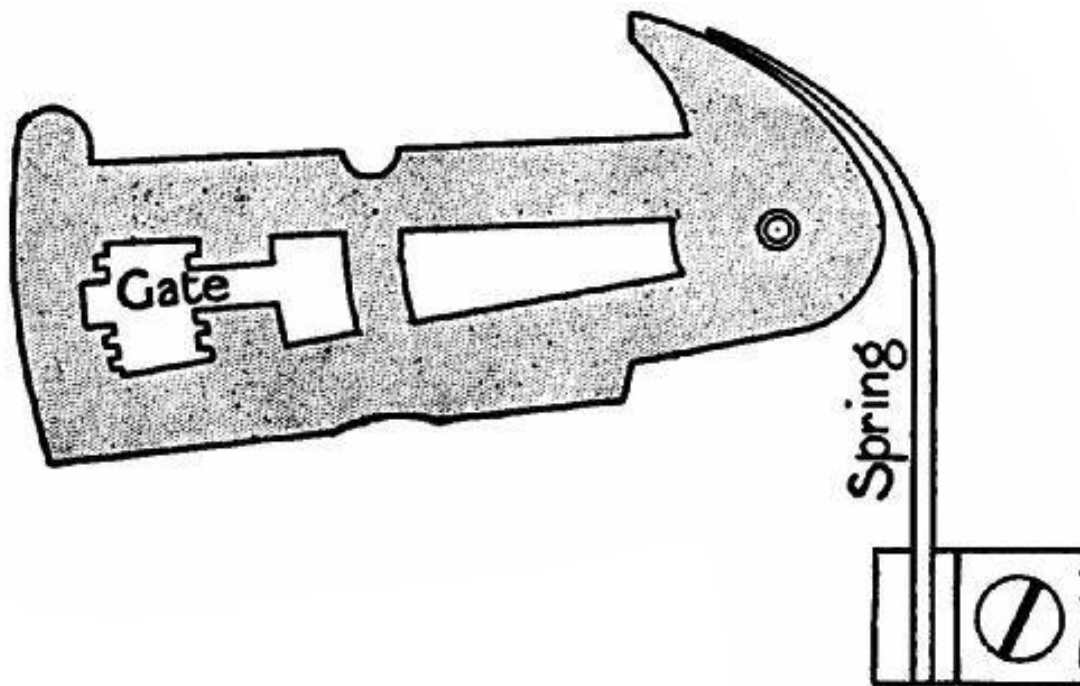


Рис. 216.—

Рычаг фиксатора крышки.

На рис. 217 изображен ключ Чабба с восемью ступенями. То, что ближе всего к головке (8), приводит в действие круговую вращающуюся шторку, которая предотвращает использование инструментов для взлома при вставке и частичном повороте ключа, поскольку прорезь для ключа в шторке больше не находится напротив прорези для ключа в замке. Шаг 1 перемещает затвор.

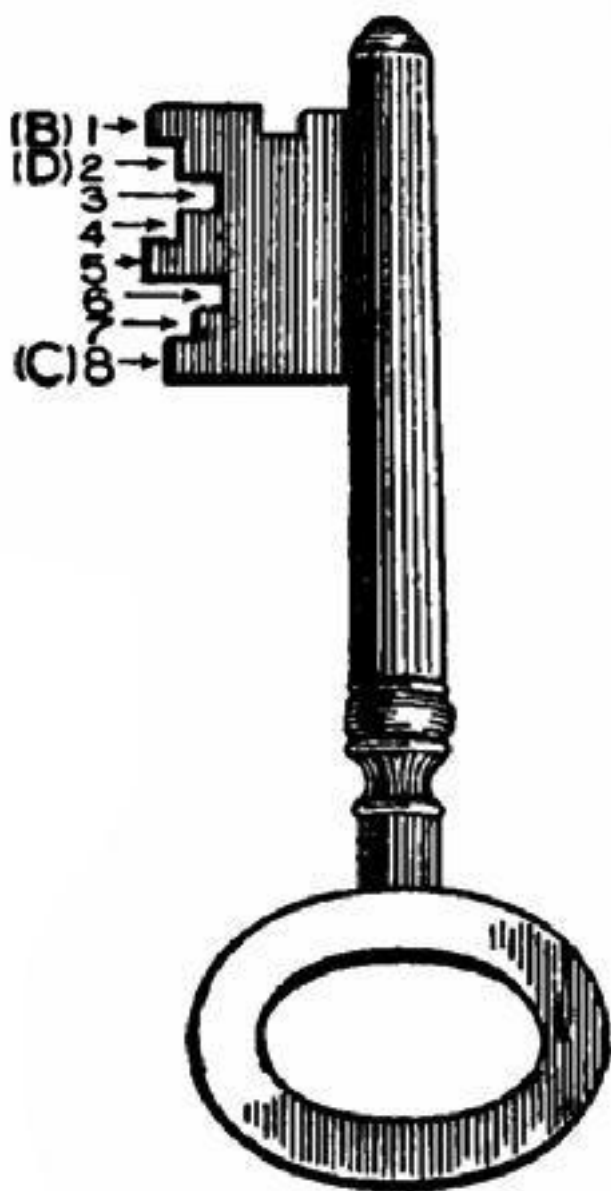


Рис. 217. Ключ Чабба.

Для взведения затвора высота ступеней шпонки должна быть настолько пропорциональна глубине их выступов, чтобы все затворы в выступах одновременно поднимались на нужный уровень для прохождения шпильки через них, как показано на рис. 218. Здесь вы заметите, что на крайнем правом стакане D (поднимаемом нажатием клавиши 2) имеется выступ Ds, выступающий над другими стаканами. Это называется *тумблером детектора*. Если вставлен ложный ключ или инструмент для подбора, то наверняка один из тумблеров будет поднят слишком высоко. Затем детектор приподнимается с помощью шпильки D S, и пружинный фиксатор опускается в выемку сзади. Теперь взломать замок невозможно, так как детектор может быть разблокирован только правым ключом, отодвигающим засов немного дальше в направлении запираения, когда выступ на задней стороне засова приподнимает защелку и позволяет тумблеру упасть. Детектор также показывает, что замок был взломан, поскольку даже правильный ключ не может отодвинуть засов до тех пор, пока не будет выполнена оверлокировка.

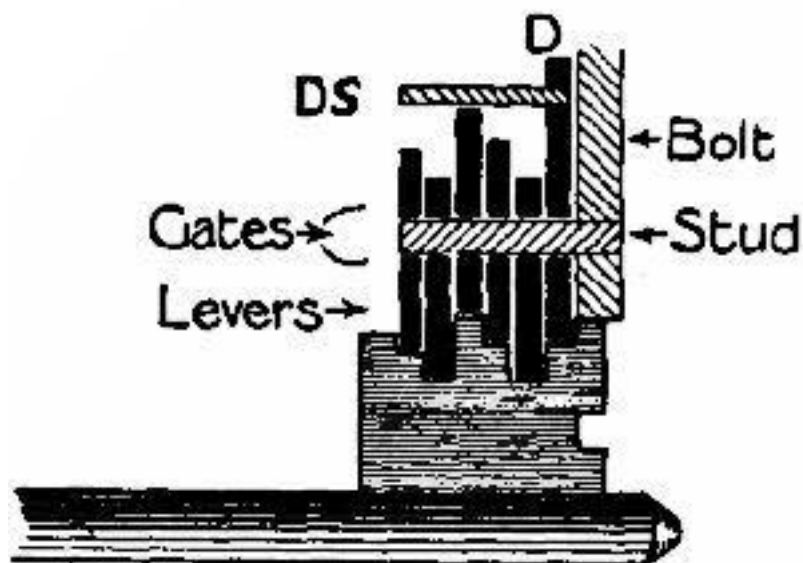


Рис. 218.Нажимная клавиша,

поднимающая все тумблеры на нужную высоту.

Каждой ступени поворотного механизма большого ключа Chubb можно присвоить одну из тридцати различных высот; ступени засова - одну из двадцати. Простым переносом порядка шагов в шестиступенчатом ключе можно получить 720 различных комбинаций. Уменьшая или увеличивая высоту, возможные комбинации могут быть увеличены до огромной суммы в 7 776 000!

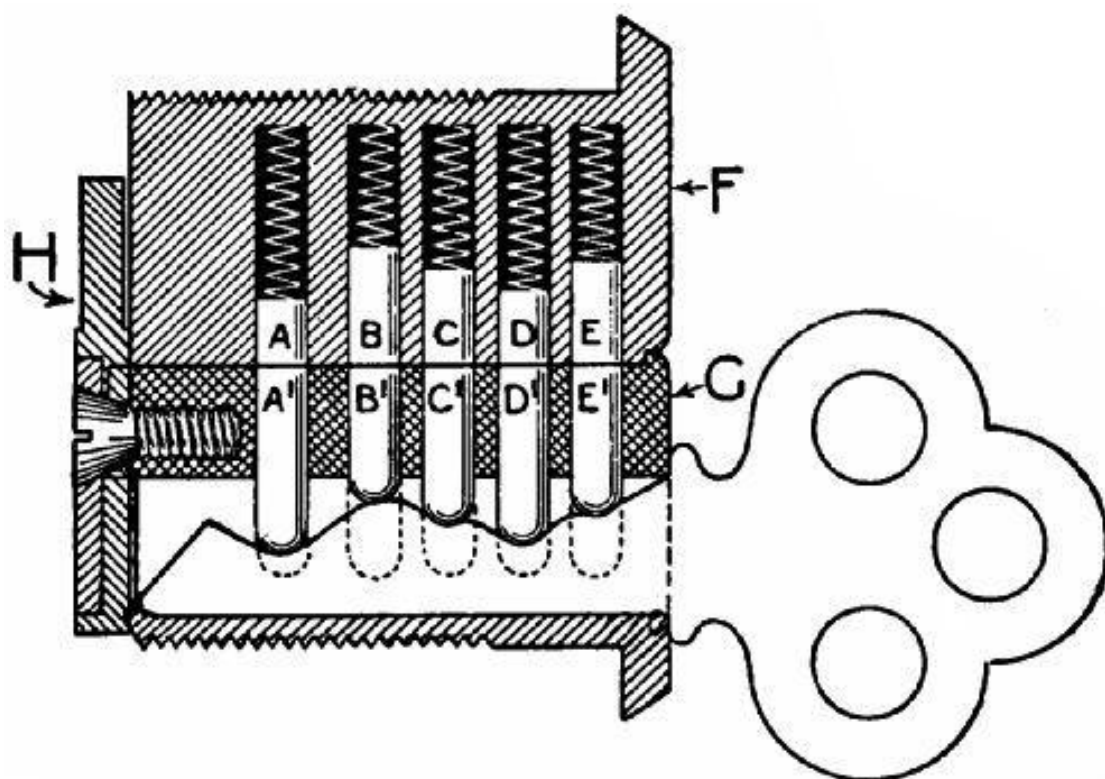


Рис.

219.Секция йельского шлюза.

ЙЕЛЬСКИЙ ЗАМОК,

который поступает из Америки, работает по совершенно другой системе. Его наиболее заметной особенностью является то, что он позволяет использовать очень маленькую

клавишу, хотя количество возможных комбинаций по-прежнему огромно (несколько миллионов). На наших иллюстрациях (рис. 219, 220, 221) мы показываем механизм, управляющий поворотом ключа. Замочная скважина представляет собой узкую закрученную прорезь на торце цилиндра G (рис. 219), который вращается внутри большего неподвижного цилиндра F. Когда ключ вставляется, выемки на его верхнем крае поднимают штифты A¹, B¹, C¹, D¹, E¹, пока их вершины точно не достигнут поверхности G, которую теперь можно поворачивать ключом на рис. 220, и вводят болт через середину рычага H. (Сам болт находится в не показано.) Если вставить неправильный ключ, то либо некоторые из нижних штифтов выступят вверх в неподвижный цилиндр F (см. рис. 221), либо некоторые из штифтов в F войдут в G. После этого невозможно повернуть ключ.

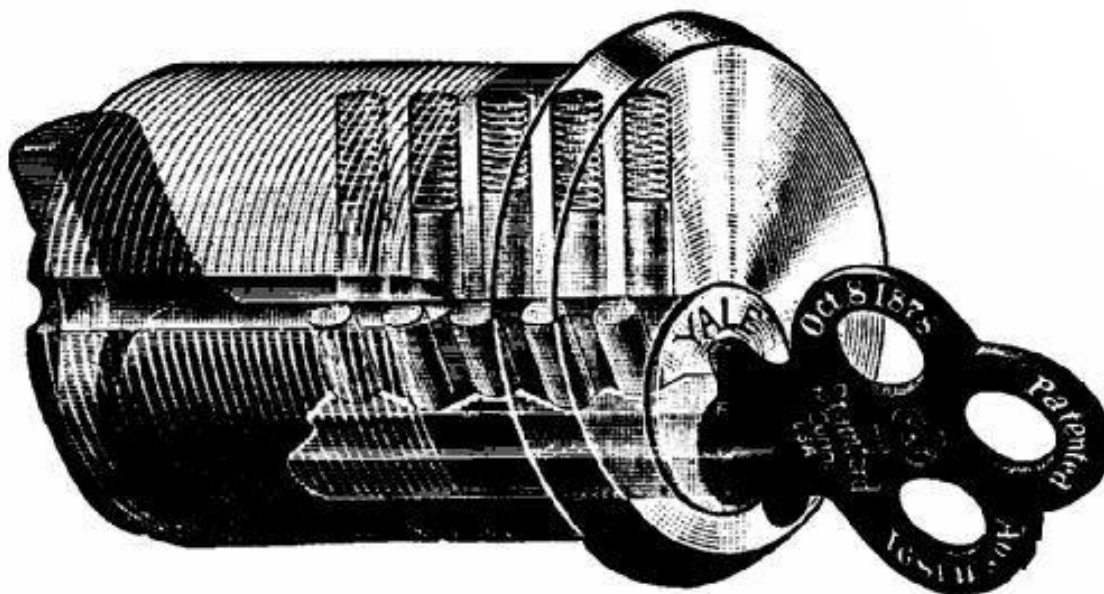


Рис. 220.

Поворот ключа в Йеле.

Существуют и другие хорошо известные замки, например, изобретенные Брамой и Хоббсом. Но поскольку они плохо поддаются иллюстрации, никакого подробного описания дать невозможно. Однако мы могли бы обратить внимание на *часовой* замок, который установлен на определенный час и может быть открыт правильным ключом или несколькими ключами в комбинации только по достижении этого часа. Еще одним очень интересным устройством является *автоматический кодовый* замок. У него может быть двадцать или более ключей, любой из которых может запереть его; но тот же самый ключ должен использоваться, чтобы *отпереть* замок, поскольку ключ автоматически приводит механизм в действие сам по себе. С таким замком можно было бы иметь другой ключ на каждый день месяца; и если бы какой-нибудь один ключ попал не в те руки, он был бы бесполезен, если бы не тот, который запирает замок последним.

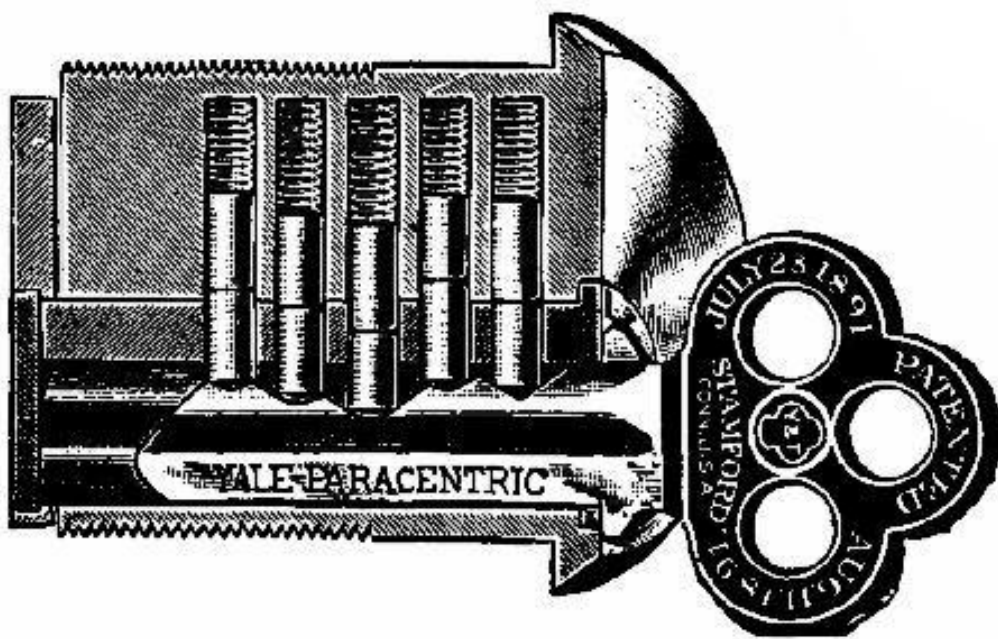


Рис. 221.—

Неправильно вставлен ключ. Штифты не позволяют повернуть замок.

ЦИКЛ.

Есть несколько особенностей этого полезного и в некотором смысле замечательного устройства, на которые следует обратить внимание. Первый,

ПЕРЕДАЧА ЦИКЛА.

Для очень многих людей выражение "передача на 70 дюймов", или 65, или 80, в зависимости от обстоятельств, не говорит ни о чем, кроме того факта, что чем выше передача, тем быстрее человек должен двигаться. Поэтому давайте рассмотрим значение такой фразы, прежде чем идти дальше.

Цикл безопасности всегда "включен", то есть за один поворот педалей заднее колесо поворачивается более одного раза. Чтобы получить точное соотношение скоростей поворота, мы считаем зубья на большом цепном колесе и зубья на маленьком цепном колесе, прикрепленном к ступице заднего колеса, и делим первое на второе. Для примера: — Количество зубьев составляет 75 и 30 соответственно; следовательно, соотношение скоростей $= 75/30 = 5/2 = 2\frac{1}{2}$. За один оборот педали заднее колесо поворачивается $2\frac{1}{2}$ раза. Передача велосипеда рассчитывается путем умножения этого результата на диаметр заднего колеса в дюймах. Таким образом, 28-дюймовое колесо в этом случае давало бы передачу $2\frac{1}{2} \times 28 = 70$ дюймов.

Один поворот педалей на машине с такой передачей продвинул бы гонщика так далеко, как если бы он ехал на высокой "обычной" скорости с педалями, прикрепленными непосредственно к колесу диаметром 70 дюймов. Передача поднимается или опускается путем изменения соотношения чисел зубьев на двух цепных колесах. Если бы для 30-зубчатого колеса мы заменили одно из 25 зубьев, то зубчатая передача была бы...

75/25 × 28 дюймов = 84 дюйма.

Удобно запомнить формулу: передача = $T / t \times D$, где T = зубья на большом цепном колесе; t = зубья на маленьком цепном колесе; и D = диаметр ведущего колеса в дюймах.

Два наиболее важных усовершенствования, недавно добавленных в велосипед, — (1) свободный ход; (2) переключаемая передача.

СВОБОДНОЕ КОЛЕСО

- устройство, позволяющее ведущему колесу нажимать на педали, когда водитель перестает крутить педали; оно "освобождает" ведущее колесо от ведущей передачи. Это храповик, специально предназначенный для такого рода работ. Из множества моделей, представленных сейчас на рынке, мы выбираем микрометрическую ступицу свободного хода (рис. 222), которая чрезвычайно проста. Храповое колесо R прикреплено к ступице ведущего колеса. Маленькое цепное колесо (или "цепное кольцо", как его часто называют) вращается снаружи на нескольких шариках, проходящих по канавке, вырезанной в шейке храповика. Между этими двумя частями находятся собачки в форме полумесяца. Предполагается, что ведущее колесо находится с другой стороны храповика. Для приведения в движение велосипеда кольцо цепи поворачивается по часовой стрелке. Три из шести защелок одновременно входят в зацепление с пазами храповика и плотно удерживаются на месте за счет давления кольца цепи на их задние концы. Остальные трое находятся в промежуточном положении.



Рис. 222.

Когда водитель перестает крутить педали, цепное кольцо становится неподвижным, но храповик продолжает вращаться. Собачки не оказывают сопротивления зубьям храповика, которые вдавливают их в полукруглые углубления в кольце цепи. Каждая из них поднимается, когда проходит над зубом. Очевидно, что приводная сила не может быть снова передана на опорное колесо до тех пор, пока цепное колесо не будет вращаться достаточно быстро, чтобы обогнать храповик.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СКОРОСТЕЙ.

Выигрыш в скорости означает потерю мощности, и *наоборот*. Активируя цикл, мы можем заставить ведущее колесо вращаться быстрее, чем педали, но за счет контроля над ведущим колесом. Велосипед с высокой передачей быстр на равнине, но плохо поднимается в гору. Машина с низкой передачей невыгодна на равнине, но хорошо поднимается в гору. Аналогично, двигатель экспресс-доставки должен иметь большие ведущие колеса, а грузовой двигатель - маленькие ведущие колеса, чтобы должным образом выполнять свои специальные функции.

Чтобы быстро передвигаться по ровной местности и в то же время преодолевать холмы без чрезмерных усилий, мы должны уметь делать то, что делает автомобилист, — переключать передачу. В настоящее время на велосипедах очень часто устанавливаются двух- и трехступенчатые передачи. Все они работают по тому же принципу, что и эпициклическая цепочка зубчатых колес, механизмы устроены так, что ступица вращается медленнее, на той же скорости, что и маленькое цепное колесо, или быстрее, чем оно, [42] по желанию водителя.

Мы не собираемся делать здесь ничего большего, чем объяснить принцип эпициклического движения, что означает "колесо на колесе (или вращающееся вокруг него)". Положите на стол линейку для ног и раскатайте по ней цилиндр с помощью второй линейки, параллельной первой, но опирающейся на цилиндр. Будет обнаружено, что, в то время как цилиндр продвигается на шесть дюймов, верхняя линейка продвигается на вдвое большее расстояние. При отсутствии трения работа, выполняемая агентом, перемещающим верхнюю линейку, равна работе, выполняемой при преодолении силы, противодействующей поступательному движению цилиндра; и поскольку расстояние, на которое продвигается цилиндр, составляет лишь половину расстояния, на которое продвигается верхняя линейка, из этого следует, что *сила*, которая должна действовать на верхнюю линейку, лишь наполовину равна той, которая преодолевается при перемещении цилиндра. Возчик использует этот принцип, когда кладет руку на верх колеса, чтобы помочь своей тележке преодолеть препятствие.

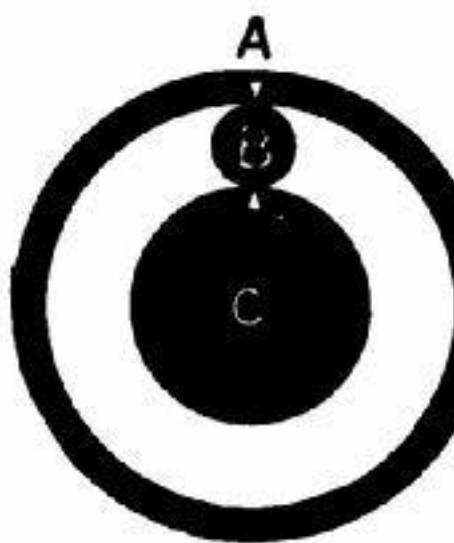


Рис. 223.

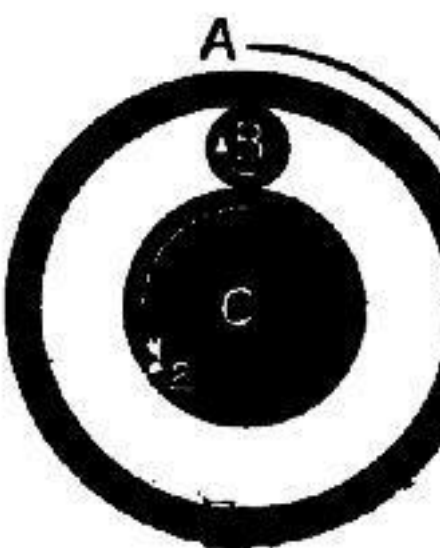


Рис. 224.

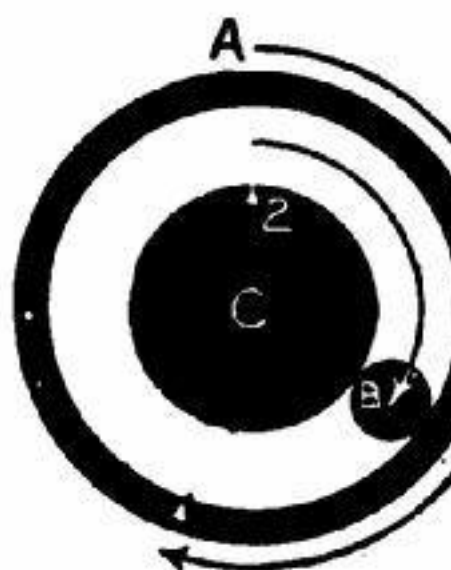


Рис. 225.

Теперь посмотрим, как этот принцип применяется к переключению скоростей. Нижняя линейка заменяется зубчатым колесом С (рис. 223); цилиндр - зубчатым колесом В, вращающимся вокруг него; а верхняя линейка - кольцом А с внутренними зубьями. Мы можем предположить, что А - это цепное кольцо, В - зубчатая рейка, установленная на штифте, выступающем из ступицы, и С - зубчатая рейка, прикрепленная к неподвижной оси. Очевидно, что В не будет двигаться вокруг С так быстро, как А. Величину, на которую А опередит В, можно легко рассчитать. Мы начинаем с колес в положении, показанном на рис. 223. Точка I на А находится точно над самой верхней точкой С. Для удобства сначала предположим, что вместо того, чтобы В вращается вокруг С, В совершает один полный оборот вокруг своей оси по часовой стрелке, и что А и С движутся, как показано на рис. 224. Если В имеет 10 зубьев, С 30 и А 40, А будет перемещен на $10/40 = 1/4$ оборота по часовой стрелке, а С $10/30 = 1/3$ оборота против часовой стрелки.

Теперь, возвращаясь к тому, что происходит на самом деле, мы сможем понять, насколько А вращается вокруг С относительно движения В, когда С зафиксировано, а В катится (рис. 225). В выходит на $1/3$ дистанции раунда С; А выходит на $1/3 + 1/4 = 7/12$ дистанции раунда В. Дробь, если привести их к общему знаменателю, равны 4: 7, и это эквивалентно 40 (количество зубцов на А): 40 + 30 (зубцы на А + зубцы на С.)

Чтобы дать читателю очень четкое представление, мы резюмируем этот вопрос следующим образом: —Если Т = количество зубьев на А, t = количество зубьев на С, то движение А: движение В :: Т + t: Т.

Вот двухскоростная втулка. Давайте посчитаем зубья. Цепное кольцо (= А) имеет 64 внутренних зуба, а центральная шестерня (= С) на оси имеет 16 зубьев. Есть четыре зубца (= В), расположенные на равном расстоянии друг от друга и работающие на штифтах, выступающих из втулки-оболочки между А и С. Насколько быстрее, чем В, А вращается вокруг С? Примените формулу:—Движение А: движение В :: 64 + 16: 64. То есть, пока А совершает один оборот, В и ступица, и ведущее колесо будут вращаться только $64 \times 80 = 4/5$ оборота. Выражаясь научным языком, В совершает оборот на 20 процентов. медленнее, чем А.

Это передача, которую мы используем для подъема на холм. На нужном уровне ведущее колесо должно вращаться так же быстро, как и цепное кольцо, или даже быстрее него. Чтобы заставить его вращаться с одинаковой скоростью, и А, и С должны вращаться вместе. В одной хорошо известной передаче это достигается скольжением С вдоль шпинделя колеса до тех пор, пока оно не отсоединится от шпинделя, и один конец не сцепится с пластиной, на которой закреплен А. Поскольку В теперь вращается как снизу, так и сверху, он больше не может вращаться вокруг своей оси, и весь механизм вращается *равномерно*, то есть, пока А поворачивается по кругу, В делает то же самое.

Чтобы получить *увеличение* числа передач, все должно быть устроено таким образом, чтобы привод передавался от цепного колеса к В, а от А - к ступице. В то время как В описывает окружность, А и ведущее колесо вращаются по окружности и части окружности, то есть ведущее колесо вращается быстрее, чем ступица. При том же количестве зубьев, что и раньше, пропорциональные коэффициенты будут равны А = 80, В = 64, так что передача *поднимается* на 25%.

Посредством соответствующего механизма мощность передается на трехскоростной передаче либо (1) от цепного колеса к А, А к В, В к колесу = *низкая* передача; или (2) от

цепного колеса к А и С одновременно = постоянная, нормальная или *средняя* передача; или (3) от цепного колеса к В, В к А, А к колесу = *высокая* передача. В двухскоростных передачах либо 1, либо 3 опущены.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ.

МОЛОТИЛКА.

Хлеб не был бы таким дешевым, как сейчас, если бы цеп по-прежнему оставался единственным средством отделения зерна от соломы. То, что сливкоотделитель сделал для молочной промышленности ([стр. 384](#)), молотилка сделала для сельского хозяйства. Поэтому этому полезному изобретению следует уделить одну-две страницы.

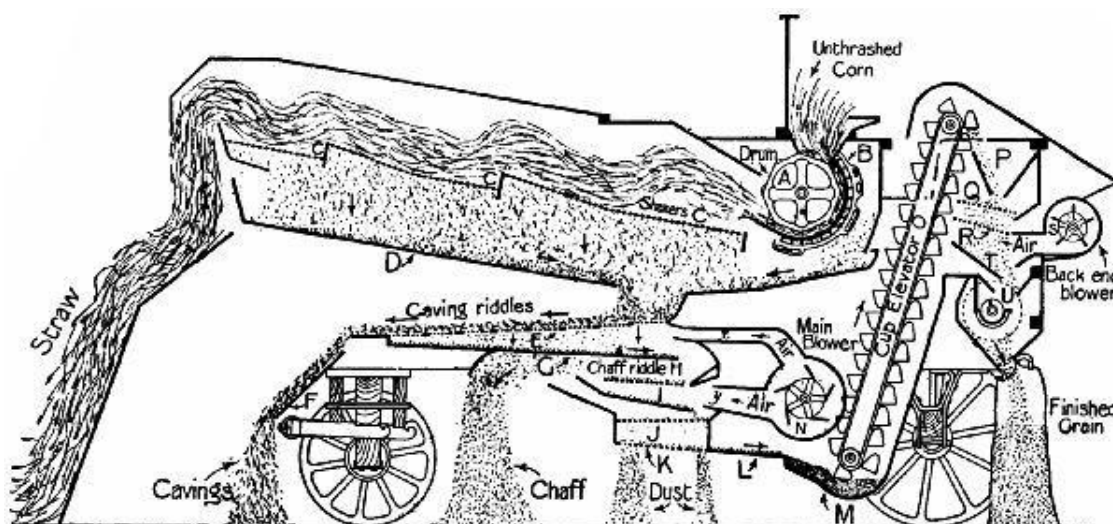


Рис.

226.Секция молотилки.

На рис. 226 приведена очень полная передняя и кормовая части машины. После того, как ленты снопов нарезаны, последние подаются в устье *барабана А* подающим устройством, которое находится в подающем ящике в верхней части машины. Барабан вращается с очень высокой скоростью и оснащен рифлеными колотушками, которые воздействуют на стальной выступ, или бруствер, В, при этом зерно обмолачивается из соломы, проходя между ними. Бруствер снабжен разомкнутыми проволоками, по которым большая часть обмолоченного зерна, опилок (коротких соломинок) и мякины попадает на наклонную доску. Соломинка подается вперед на встряхиватели С, которые постепенно перемещают соломинку к открытому концу и выбрасывают ее. Любое зерно и т.д., вырвавшееся из барабана, попадает через встряхиватели на D и возвращается в обратном направлении к *обрушивающимся решетам* или движущимся решетам Е. *Главный нагнетатель* с помощью вращающегося вентилятора N направляет воздух по каналу X вверх через эти решета, сдувая короткие соломинки влево. Зерно, шелуха и пыль проходят через канал Е в G, в конце которого они попадают в *решетку для сбора мякины*, Н. Второй столб воздуха от воздуходувки разгоняет мякину. Тяжелое зерно, семена, пыль и т.д. По очереди попадают на I, J и K и встряхиваются до тех пор, пока не останется только зерно для прохождения по L к днищу элеватора M.

Бесконечная лента с прикрепленными к ней чашками зачерпывает зерно, поднимает его вверх и высыпает в бункер Р. Затем он проходит через встряхиватели Q, R, очищается от пыли с помощью *воздуходувки* стороны и соскальзывает вниз Т в открытый конец вращающегося грохочущего барабана U, который установлен на склоне, так что при его вращении зерно постепенно перемещается по нему. Первая половина грохота снабжена проволоками, расположенными вплотную друг к другу. Все мелкие зерна, которые проходят через него, называемые "третьими", поступают в бункер и собираются в мешочек, прикрепленный к горловине бункера. "Вторые" попадают через вторую половину барабана, расположенную на более широком расстоянии друг от друга, в свой мешок; а "первые" выпадают с торца и через третий носик.

КОСИЛКИ.

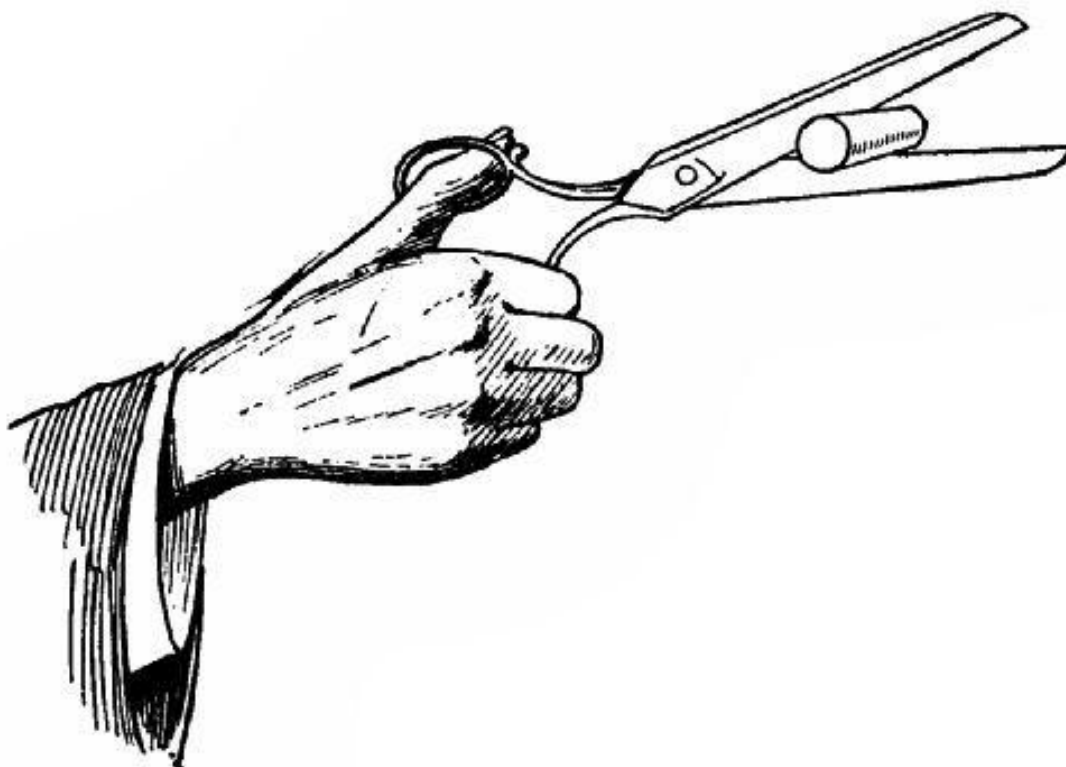


Рис. 227.

В обычной *газонокосилке* используется вращающийся барабан, состоящий из расположенных по спирали ножей, края которых проходят очень близко к острой пластине, выступающей из рамы газонокосилки. Каждое лезвие при вращении проходит вдоль пластины, срезая любую траву, которая может застрять между двумя режущими кромками. Действие происходит с помощью пары ножниц (рис. 227), одно лезвие которых представляет собой неподвижный, а другое - движущийся нож. Если вы поместите деревянный цилиндр в ножницы, он будет продвигаться вперед за счет смыкания лезвий и будет отмечен ими по мере прохождения по краям. То же самое происходит и с травой, которая настолько мягкая, что ее можно прорезать насквозь.

КОСИЛКА СЕНА.

The *Сенокосилка* - это еще одна адаптация того же принципа. Режущий брус быстро перемещается вперед-назад в раме, которая находится на высоте нескольких дюймов над землей, с помощью кривошипа, приводимого в движение колесами через зубчатую передачу. К переднему краю бруска одной стороной прикреплено несколько треугольных

ножей. На раме установлено равное количество шипов, направленных вперед горизонтально. Через прорези в них проходит режущий брус, и его ножи срезают траву, попавшую между ними и боковыми сторонами шипов.

НЕКОТОРЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

ПОЧЕМУ СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛО РАЗЛИЧАЕТСЯ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ.

Чем больше прямолинейных тепловых лучей попадает на поверхность, тем больше их количество может повлиять на эту поверхность. Это видно из рис. 228, 229, где Ab - одинаковое расстояние в обоих случаях. Чем ближе солнце к горизонту, тем более наклонно его лучи падают на землю. Следовательно, полдень обязательно теплее вечера, а в тропиках, где солнце стоит над головой, жарче, чем в зонах умеренного климата, где даже летом в полдень лучи падают более или менее косо.

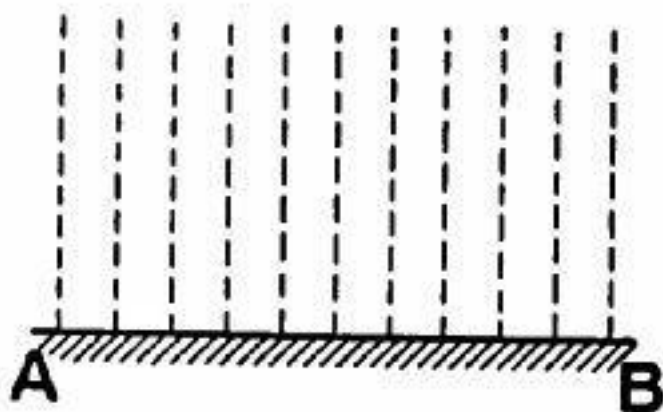


Рис. 228.

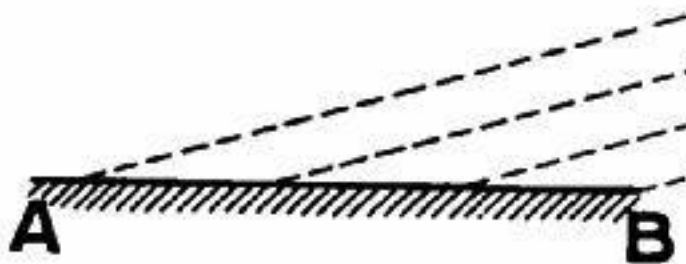


Рис. 229.

Атмосферная оболочка, окружающая землю, имеет тенденцию усиливать эффект наклона, поскольку косому лучу приходится проходить сквозь нее дальше, и он забирает больше тепла, чем вертикальный луч.

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ.

Все тела притягиваются друг к другу. Земля притягивает луну, а Луна притягивает землю. Теперь, хотя эффект этого притяжения не виден на твердой части земного шара, он сильно проявляется в воде, которая покрывает большую часть поверхности земли. Луна сильнее всего притягивает воду в двух точках, ближайшей к ней и наиболее удаленной от нее; как показано в увеличенном масштабе на рис. 230. Поскольку земля и вода ежедневно вращаются как одна масса вокруг своей оси, каждая точка на окружности была бы ежедневно ближайшей к Луне и наиболее удаленной от нее через равные промежутки времени, и везде, где есть океан, за этот период было бы два прилива, если бы Луна была неподвижна относительно земли. (Следует четко понимать, что приливы - это не большие течения, а просто утолщения водной оболочки. Прилив вызван временным повышением уровня.)



Рис. 230.



Рис. 231.

ПОЧЕМУ ПРИЛИВ МЕНЯЕТСЯ ЕЖЕДНЕВНО.

Луна совершает оборот вокруг Земли один раз в двадцать восемь дней. На рис. 231 точка *a* находится ближе всего к Луне, скажем, в двенадцать часов дня. По истечении двадцати четырех часов она достигнет того же положения по компасу, но все же не будет ближайшей к Луне, которая за это время совершила $1/28$ оборота вокруг Земли.^[43] Следовательно, прилива не будет, пока *a* не достигнет положения *b* и, так сказать, не обгонит Луну, что занимает в среднем около часа. Это объясняет, почему приливы случаются с интервалом более двенадцати часов.

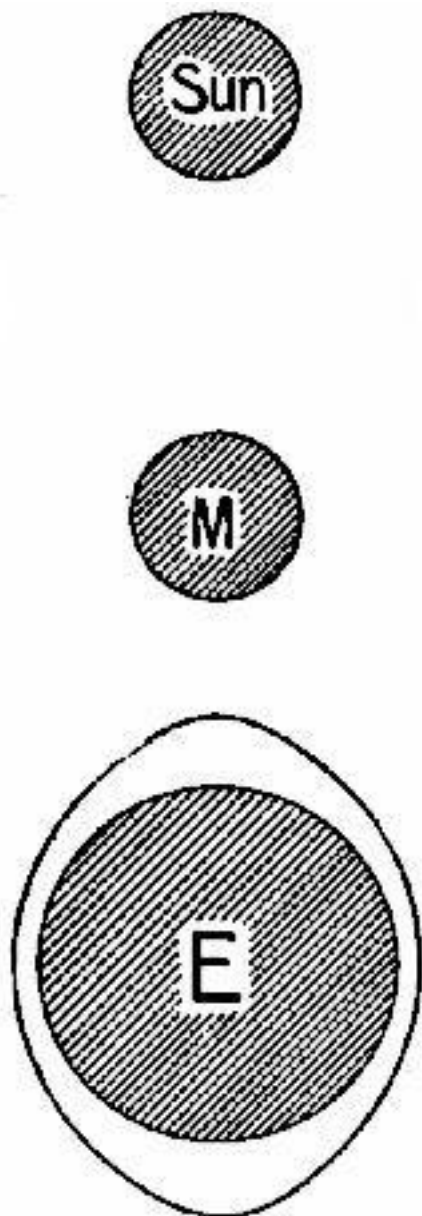


Рис. 232. Взаимное расположение солнца, луны и земли при "весенних" приливах.

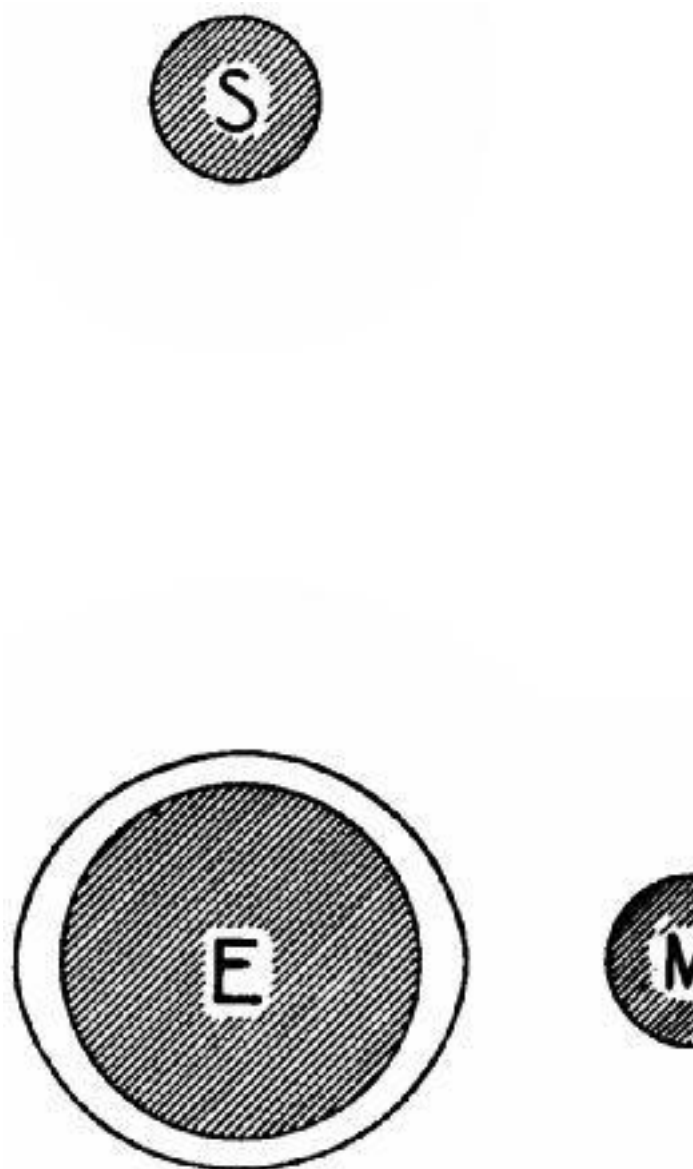


Рис. 233. Взаимное расположение солнца, луны и земли при "поздних" приливах.

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ НАКАНУНЕ И ВЕСНОЙ.

Солнце, так же как и луна, притягивает океан, но с меньшей силой, поскольку он находится намного дальше. В определенные периоды месяца солнце, земля и луна находятся на одной линии. Затем Солнце и луна сближаются, и мы получаем самые высокие, или *весенние* приливы (рис. 232). Когда солнце и луна движутся под прямым углом друг к другу, а именно в первой и третьей четвертях, нарост, вызванный Луной, сглаживается (рис. 233), и мы получаем самые низкие, или *ближайшие* приливы.

[39] На обоих рис. 207 и 208 степень расширения очень сильно преувеличена.

[40] Когда солнце проходит меридиан (двенадцать часов, полдень), снимаются показания хронометра, и долгота, или расстояние к востоку или западу от Гринвича, рассчитывается по разнице во времени между местным полуднем и временем, указанным на хронометре.

[41] Большею частью приведенной здесь информации о часах автор обязан "Истории часов" мистера Дж.Ф. Кендала.

[42] Здесь мы рассмотрим только те шестерни, которые входят в ступицу ведущего колеса.

[43] Исходное положение луны обозначено пунктирным кругом.

КОНЕЦ